

Skattning av skogsbestånds kapitalförräntning – utifrån Skogliga grunddata

*Estimation of Rate of Interest in Forest
Stands*

– with Information from Skogliga grunddata

Henrik Wikman



Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, 496 •

ISSN 1401-1204

Umeå 2019

Skattning av skogsbestånds kapitalförräntning

– utifrån Skogliga grunddata

Estimation of Rate of Interest in Forest Stands

– With Information from Skogliga grunddata

Henrik Wikman

Handledare: Erik Wilhelmsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning

Examinator: Torgny Lind, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurstitel: Självständigt arbetet i skogsvetenskap Institutionen för skoglig

Kursansvarig inst.: resurshushållning EX0921

Kurskod: Program/ utbildning: SY001 Jägmästarprogrammet

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2019

Serietitel: Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning

Delnummer i

serien: 496

ISSN: 1401-1204

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: avkastning, direktavkastning, ekonomi, investering, kapitalförräntning, lönsamhet, risk, räntabilitet, slutavverkning, skattning, skog, skogliga grunddata, virke, värdetillväxt

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skoglig resurshushållning

Förord

Detta examensarbete har genomförts tillsammans med Handelsbanken Skog och lantbruk. Jag vill tacka alla personer som jag varit i kontakt med inom organisationen. Ett extra stort tack riktar jag till Stefan Mattsson för att ha uppvisat intresse och bidragit med kompetens inom bank och finans.

Jag vill också tacka min handledare Erik Wilhelmsson, som hjälpt mig utveckla idén, utfört beräkningarna i Heureka PlanVis och med stort engagemang handlett under arbetets gång.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Henrik Wikman', is positioned above a thin horizontal line.

Henrik Wikman
Umeå, 3 mars 2019

Sammanfattning

Ett skogsbestånds monetära virkesproduktionsvärde kan beräknas som bruttointäkt minus avverkningskostnad. Såväl bruttointäkt som avverkningskostnad beror på skogstillståndet; främst beståndets volym per arealenhet, medelstammens volym och virkeskvaliteten. Trädens tillväxt förändrar dessa variabler vilket leder till ökat bruttovärde och minskad avverkningskostnad per volymenhet. Skogsbestånd ökar därmed i värde från ett år till nästa, om inte skador, t.ex. vindfällen, inträffar, och under förutsättning att virkespriser och avverkningskostnader är densamma.

Den årliga värdeökningen kan uttryckas i relativa tal, som en andel av värdet före tillväxt. Värdeökningen kan då jämföras med andra investeringar (om även skatteeffekten beaktas), och användas som variabel inför beslut om t.ex. förvärv, slutavverkning och belåning.

Syftet med denna studie är att ta fram funktioner för beräkning av skogsbestånds kapitalförräntning, samt att ta fram kartor som visar kapitalförräntningen för produktiv skogsmark i Sverige.

Att i detalj skatta ett skogsbestånds kapitalförräntning kräver många beräkningssteg och detaljerad information om träden i beståndet. I denna studie gjordes dessa beräkningar med planeringssystemet Heureka PlanVis, med uppgifter från Riksskogstaxeringen. Med PlanVis beräknades även trädens tillväxt under en femårsperiod. Därmed kunde nettovärdet år fem relateras till nettovärdet år noll, och den årliga förräntningen beräknas.

Genom regressionsanalys relaterades förräntningen till data om skogstillståndet, vilket resulterade i funktioner där koefficienterna skattades med statistiska metoder. Funktionerna gör det möjligt att skatta skogsbestånds förräntning om man känner till beståndets skogliga variabler som till exempel grundyta, medeldiameter och medelhöjd. Funktionerna tillämpades på Skogsstyrelsens produkt Skogliga grunddata, vilket resulterade i kartor med kapitalförräntning för all produktiv skogsmarksareal, med undantag för ungskog, i Sverige.

Nyckelord: *avkastning, direktavkastning, ekonomi, investering, kapitalförräntning, lönsamhet, risk, räntabilitet, slutavverkning, skattning, skog, skogliga grunddata, virke, värdetillväxt*

Summary

A forest stands monetary wood production value can be calculated as gross income minus harvesting cost. Both gross income and harvesting cost depend on the forest state; mainly the timber stock per unit area, the mean stem volume and the wood quality. Tree growth changes these variables by increasing the gross income and reducing the harvesting cost per unit volume. Forest stands therefore increase in value from one year to another, as long as it is not damaged, for example by storms, and given that the timber prices and harvesting costs are constant.

The annual increase in value can be expressed in relative numbers, as a share of the value before growth. The increase in value can then be compared to other investments (if the tax effect is also taken into account), and used as a variable prior to decisions on e.g. final felling, acquisitions and mortgages.

The purpose of this study is to develop functions for estimation of the rate of interest in forest stands, and to produce maps showing the rate of interest for productive forest land in Sweden.

Accurate estimations of a forest stands rate of interest requires many calculation steps and detailed information about the trees. In this study, these calculations were made in the planning system Heureka PlanWise, by using information from the Swedish National Forest Inventory. PlanWise was also used to calculate the tree growth over a five-year period. Thus, the net value in year five could be related to the net value in year zero, and the annual rate of interest is calculated.

By regression analysis, the rate of interest could then be related to data on the forest state, which resulted in functions where the coefficients were estimated with statistical methods. The functions make it possible to estimate the rate of interest of forest stands if one knows about forest variables such as basal area, average tree diameter and average tree height. The functions were applied to the Swedish Forest Agency's product Skogliga grunddata. It resulted in maps consisting of information about forest stands rate of interest, for all productive forest land area, with the exception of young forest, in Sweden.

Keywords: *economy, estimation, final felling, forest, investment, profitability, rate of interest, return, return on investment, risk, timber, value growth, yield*

Innehållsförteckning

Förord	
Sammanfattning.....	
Summary.....	
1 Inledning.....	1
1.1 Skogsbestånds värde.....	1
1.2 Optimal slutavverkningstidpunkt och rangordning av slutavverkningsobjekt.....	1
1.3 Skogsägares målsättning och handling.....	2
1.4 Risk.....	3
1.5 Beräkning av skogens förräntning.....	4
1.6 Syfte.....	5
2 Material och metoder.....	6
2.1 Grafisk beskrivning av tillvägagångssätt.....	6
2.2 Indata	6
2.2.1 Uppgifter från Riksskogstaxeringen.....	6
2.2.2 Skogliga grunddata	7
2.3 Beräkning av nettointäkter genom simulering av tillväxt	7
2.4 Beräkning av kapitalförräntning.....	8
2.5 Urval	9
2.6 Statistisk analys	10
2.7 Tillämpning av funktion på Skogliga grunddata	12
2.8 Översikt av data	13
3 Resultat	15
3.1 Statistisk analys	15
3.1.1 Stegvis regressionsanalys	15
3.1.2 Regressionsdiagnostik	15
3.1.3 Analys av residualer	16
3.2 Korrigering av logaritmiskt bias.....	18
3.3 Regressionsmodell.....	18
3.4 Partialsamband	19
3.5 Utökade funktioner	21
4 Diskussion	22
4.1 Indata	22
4.2 Antagandet om konstant tillväxttakt.....	22
4.3 Sortiment	22
4.4 Intäkts- och kostnadsberäkningar	22

4.5 Signifikansnivå	23
4.6 Resultat	23
4.6.1 Resultat för funktion anpassad till Skogliga grunddata.....	23
4.6.2 Resultat för utökad funktion	25
4.7 Test av skattningar.....	25
4.8 Löpande uppdateringar	26
4.9 Fortsatta studier	27
5 Tillämpning av funktion	28
5.1 Utveckling av interaktiv karta	28
5.2 Användningsområden.....	29
5.3 Att tänka på vid användning.....	30
Litteraturförteckning.....	31
Böcker och artiklar	31
Webbsidor och tidningsartiklar	33
Bilaga 1. Statistisk information för regressionsmodell anpassad till Skogliga grunddata ..	34
Bilaga 2. Statistisk information för utökad regressionsmodell.....	36
Bilaga 3. Geografisk indelning för beräkning av kostnader och intäkter	41

1 Inledning

1.1 Skogsbeståndets värde

Diskussioner förs ofta om hur skogsbestånd ska skötas för att maximera volymtillväxten, men även om värdetillväxten till viss del korrelerar med volymtillväxten vore det ur ett ekonomiskt perspektiv mer intressant att diskutera hur skogen skall skötas för att maximera värdetillväxten. Målsättningen att maximera volymtillväxten kan principiellt härledas tillbaka till fysiokraternas lära i Frankrikes 1700-tal (Streyffert, 1965). På den tiden användes skogsråvara huvudsakligen som bränsle och trädstammens olika delar var lika mycket värda. Idag bedrivs skogsbruk med annan huvudsaklig avkastning och trädstammens delar betalar sig olika beroende på bland annat dimension och kvalitet.

Ett skogsbeståndets värde vid en viss tidpunkt bestäms i huvudsak av fyra delar; beståndets volym, medelstammens volym, virkeskvaliteten och drivningskostnaden (Lundqvist *et al.*, 2014). Slutavverkning är den dominerande skötselmetoden för skörd (Magnusson, 2015). Ett beståndets virkesproduktion maximeras genom att det slutavverkas då dess medeltillväxt kulminerar (Lundqvist *et al.*, 2014). Den tidpunkten är beroende av bland annat stamantal, trädslag, ståndortsindex och utförda skötselåtgärder. Medelstammens volym är viktig ur både intäkts- och kostnadssynpunkt eftersom faktorn både påverkar beståndets bruttovärde och avverkningskostnad (Lindgren, 1978). Generellt gäller sambanden att grövre träd inbringar en högre intäkt än klenare träd och att avverkningskostnaden sjunker med stigande medeldiameter (Lundqvist *et al.*, 2014). För faktorn virkeskvaliteten finns det framförallt två viktiga brytpunkter som har betydelse för värdetillväxten. Den ena är då trädet uppfyller kriterierna för massaved och den andra är då dimensionsgränsen för sågtimmer överskrids. Drivningskostnaden innefattar både kostnaden för avverkning och kostnaden för utforsling till bilväg och är beroende av hur arbetskrävande processen är. Hur arbetskrävande drivningsprocessen är beror till stor del på trädens medelvolum eftersom det alltid åtgår en viss tid för att hantera ett träd. En annan faktor som påverkar drivningskostnaden är hur stora volymer de fasta kostnaderna kan fördelas på. Det beror främst på avverkningstraktens storlek och virkestäthet. Andra faktorer som spelar in är terrängtransportavstånd, terrägens egenskaper, arbetsmetod och maskinstorlek.

1.2 Optimal slutavverkningstidpunkt och rangordning av

slutavverkningsobjekt

För kapital som är investerat i ett skogsbeståndets virkesproduktion där nästa skötselåtgärd är slutavverkning finns tre principiellt skilda valmöjligheter; fortsatt investering i virkesproduktion, finansiering av omedelbar konsumtion och finansiering av andra investeringar (Lindgren, 1978). För att det ska vara ekonomiskt försvarbart att investera i fortsatt virkesproduktion krävs att den förväntade avkastningen överstiger den nytta övriga alternativ väntas ge upphov till (Almendal *et al.*, 2017). En ekonomiskt rationell skogsägare som överväger slutavverkning för att frigöra kapital tar även hänsyn till alternativa finansieringskostnader. Om de alternativa finansieringskostnaderna understiger den förväntade framtida avkastningen från fortsatt virkesproduktion bör skogsbeståndet inte slutavverkas. Ett skogsbeståndets optimala slutavverkningstidpunkt och skogsägarens kalkylränta bestäms med ovanstående resonemang av både de alternativ till fortsatt investering i skogsbeståndet som finns och av alternativa finansieringskostnader.

En markägare som har flera bestånd som är slutavverkningsmogna måste ta ställning till i vilken ordning bestånden ska slutavverkas (Lundqvist *et al.*, 2014). Istället för att undersöka den faktiska volym- eller värdetillväxten i ett skogsbestånd kan tillväxten relateras till storleken på det befintliga virkesförrådet respektive värdet av virkesförrådet (Lundqvist *et al.*, 2014). Ett verktyg som länge har använts för skattningar av skogens relativa värdetillväxt är Visarprocent (Östman, 2016). Beräkningarna för Visarprocent inleds med att värdetillväxten relateras till virkesförrådets värde varvid avdrag görs för den årliga markräntan (Föreningen Skogen, 2009), som är den teoretiska kostnaden för att skogen används till skogsbruk. För att bestämma markräntan krävs kännedom om markvärdet. Markvärdet påverkas bland annat av fastighetens storlek, arrondering och närhet till större stad och är svårt att fastställa (Östman, 2016). En markägare som vill använda Visarprocent för att rangordna bestånd till slutavverkning bör vara medveten om svårigheterna med att fastställa markvärdet och hur ett felaktigt markvärde påverkar Visarprocenten. Som alternativ till Visarprocent finns Östmans funktioner (Östman, 2016). Till skillnad från Visarprocent tar de inte hänsyn till markvärde. Funktionerna är framtagna i syfte att tillämpas av Holmen Skog vilket medför vissa begränsningar. Till exempel bygger funktionerna på data som är insamlat inom Holmen Skogs verksamhetsområde och intäktsberäkningarna bygger på Holmen Skogs regionala prislistor.

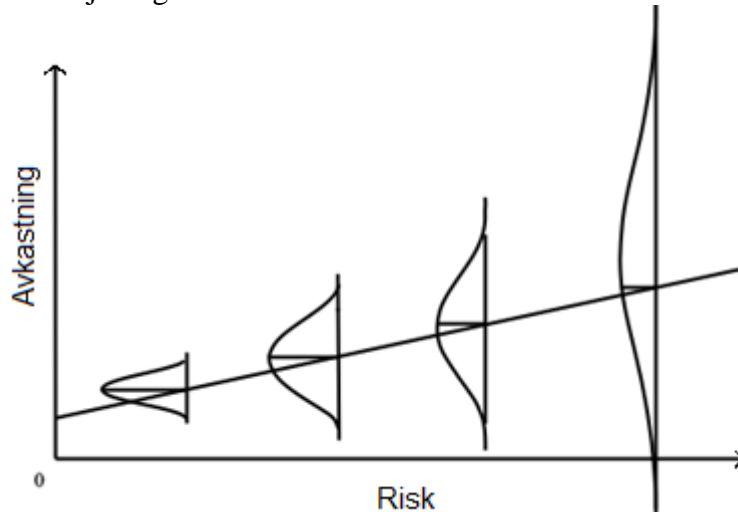
1.3 Skogsägars målsättning och handling

Wilhelmsson (2011) förklarar i sin studie att skogsägare bör sträva efter att uppnå högsta möjliga nytta. Olika skogsägare har olika mål med sitt skogsägarande och därför också olika nyttofunktioner (Andersson, 2012). Forskning och praktik visar att skogsägare kan ha flera mål med sitt skogsbruk men att det ofta finns ett mål som är dominerande (LRF Skogsägarna, 2000). Skogsbarometern (2017) visar att det som betyder mest för skogsägare i deras skogsägarande är känslan av att äga skog. Wessmark och Wikman (2017) föreslår i sin studie att det är en möjlig förklaring till att skogsägare inte tar hänsyn till hur skogsbestånd förräntar sig när de prioriterar skogsbestånd till slutavverkning. En annan möjlig förklaring ges av teorin *Bounded rationality* (Simon, 1972) som säger att människor varken har tid, kunskap eller benägenhet att fatta optimala beslut. Streyffert (1965) argumenterar för att *The economic man*, som är en grundläggande teoretisk ekonomisk modell om en strängt nyttomaximerande individ inte existerar i sinnevärlden för en typisk skogsbrukare. Han menar istället att prestige, känslor, intressen och hänsyn av olika slag sammanvävs med ett mer eller mindre obestämt lönsamhetskrav till en mer eller mindre tydlig målsättning.

Lundqvist *et al.* (2014) instämmer att många olika faktorer har betydelse då skogsbestånd ska rangordnas för slutavverkning. Utöver skogsbeståndets förräntning tas hänsyn till tillgänglig avverkningskapacitet, skogsbilsvägnätet och om kostnader för att flytta avverkningsmaskinerna kan delas mellan flera skogsbestånd. Av Sveriges produktiva skogsmarksareal ägs 51 % av privata skogsägare. Streyffert (1965) menar att många privata skogsägare inte har någon egentlig målsättning och därför låter tillfälligheter styra hushållningen med skogsbruket. Utöver sina egna intressen måste skogsägaren se till samhällets intressen. Dessa synliggörs genom skogsvårdslagen och krav på sektorsansvar (LRF Skogsägarna, 2000). Det senare innebär att samhället förutsätter att skogsägare gör en avvägning mellan ekonomisk virkesproduktion, miljöhänsyn och hänsyn till sociala intressen.

1.4 Risk

Ordet risk syftar till osäkerheten att vi inte vet vad som kommer att hända i framtiden (Blennow & Eriksson, 2006). Grundläggande finansiell teori säger att det finns en positiv korrelation mellan risk och avkastning varför någon som är intresserad av att maximera sin avkastning rimligtvis också visar intresse för att hantera de risker som följer. Figur 1 visar sambandet mellan avkastning och risk samt hur intervallet för den förväntade avkastningen växer ju högre risken är.



Figur 1. Sambandet mellan risk och avkastning. De linsformade objekten representerar normalfördelningar vars höjd speglar sannolikheten för en viss avkastning givet en risk. I takt med att den förväntade avkastningen stiger breddas det intervall inom vilken avkastningen förväntas landa.

Figure 1. The relationship between risk and return. The lens-shaped objects represent normal distributions whose height (width in this figure) reflects the likelihood of a certain return given a risk. As the expected return rises, the range within which the return is expected to land widens.

I investeringsteori nämns ofta begreppet diversifiering i samband med risk. Poängen med diversifiering är att sprida risken genom att investera i olika tillgångsslag och utnyttja tillgångars olikheter. Ju mindre tillgångarna korrelerar med varandra desto större blir diversifieringens nytta (Jouida, 2018). Den ökade osäkerheten på aktiemarknaden har lett till att många investerare letar alternativ till traditionella investeringar som har en direkt korrelation med börsen (Fraser-Sampson, 2011). Hoover och Mills (1982) menar att enskilda investeringar i skogsmark är riskabla men att de medför önskvärda diversifieringseffekter då de kombineras med andra investeringar.

Enligt Hedman (1994) består risk av två delar; finansiell risk och rörelserisk. Den finansiella risken är avhängig investerarens skuldsättningsgrad medan rörelserisken används för att beskriva hur stor risken för minskade intäkter och stigande kostnader är. Målet med riskhantering är att hitta en balans mellan den finansiella risken och rörelserisken. För någon som investerar i till exempel en skogsfastighet kan den finansiella risken begränsas eller elimineras helt genom att investeraren finansierar förvärvet med eget kapital (Ringborg, 2013). Rörelserisken kan påverkas i viss mån. Till exempel kan gallringar och slutavverkningar tidigareläggas för att minska risken att drabbas av prissänkningar eller skador i skogen. Andra exempel på metoder för aktiv riskhantering är stubbehandling mot rotröta, försiktig röjning i två omgångar, användning av blandbestånd och produktion av olika kombinationer av kvaliteter (LRF Skogsägarna, 2000).

1.5 Beräkning av skogens förräntning

Beräkning av ett skogsbestånds kapitalförräntning kräver kännedom om nettointäkter vid två olika tillfällen (Östman, 2016). Kapitalförräntningen erhålls genom att skillnaden i nettointäkt för de två tillfällena relateras till nettointäkten från det första tillfället (Lundqvist *et al.*, 2014). För att beräkningen ska bli korrekt krävs noggranna ingångsdata för alla faktorer som påverkar nettointäkterna (Håkansson & Larsson, 1998). Skattningar av skogens kapitalförräntning bygger med ovanstående resonemang på prognoser för hur de variabler som påverkar alla kostnader och intäkter kommer att utvecklas. Olika trädslags volymtillväxt skiljer sig från varandra och kan beskrivas med matematiska funktioner som kallas för tillväxtfunktioner. Tillväxtfunktionerna baseras på statistiska och logiska samband och inbegriper uppgifter om ståndortens produktionsförmåga, trädbeståndets täthet, trädens diameter, ålder och höjd för att ge tillförlitliga volymuppskattningar. För att koppla volymtillväxten till värdetillväxten tas hänsyn till att träden kan växa in i värdefullare dimensioner och sortiment. Att timmerkvaliteten normalt sett blir högre ju grövre stammen är och att avverkningskostnaden per volymenhet ofta sjunker med stigande grovlek är ytterligare faktorer som påverkar värdetillväxten.

I regel utvecklas värdetillväxten för ett skogsbestånd snabbare än volymtillväxten eftersom marginalvärdet för varje kubikmeter ökar (Håkansson & Larsson, 1998). Detta samband förutsätter att skogsbeståndet inte drabbas av skador som vind- och snöskador, insektsangrepp, röta, betning samt inväxning i övergrova dimensioner. Dessa skador kan resultera i att skogsbeståndets värdetillväxt hämmas eller blir negativ. Lundqvist *et al.* (2014) menar att det är svårt att kvantifiera denna risk på ett enkelt och avgränsat sätt som gör att den kan användas i prognoser för värdetillväxten. Blennow och Eriksson (2006) finner att denna problematik till stor del har att göra med de långa omloppstider som är kännetecknande för skogsproduktion.

Streiffert (1965) menar att problematiken i att fastställa det ekonomiska resultatet från skogsproduktion till stor del beror på att skogen fungerar både som produktionsmedel och färdig produkt. Detta förhållande, tillsammans med de långa produktionsprocesserna (omloppstiderna) särskiljer skogsproduktion från annan produktion. Förhållandet ger till följd att man inte utan ingående undersökningar kan avgöra vad som varit verklig avkastning under produktionsperioden. Lundqvist *et al.* (2014) argumenterar på liknande sätt och anger två principiella problem som begränsar möjligheten till tillförlitliga skattningar av värdetillväxten. Dels finns idag inga prognosmodeller för att med god precision förutspå kvalitetsutvecklingen av ett skogsbestånd, dels är det omöjligt att veta hur virkespriser för olika sortiment utvecklas i framtiden.

Trots att vissa ansträngningar har gjorts inom området för skoglig förräntning saknas idag ett användarvänligt verktyg för att skatta skogsbeståndets relativa värdetillväxt. Med anledning av detta har denna studies syfte formulerats.

1.6 Syfte

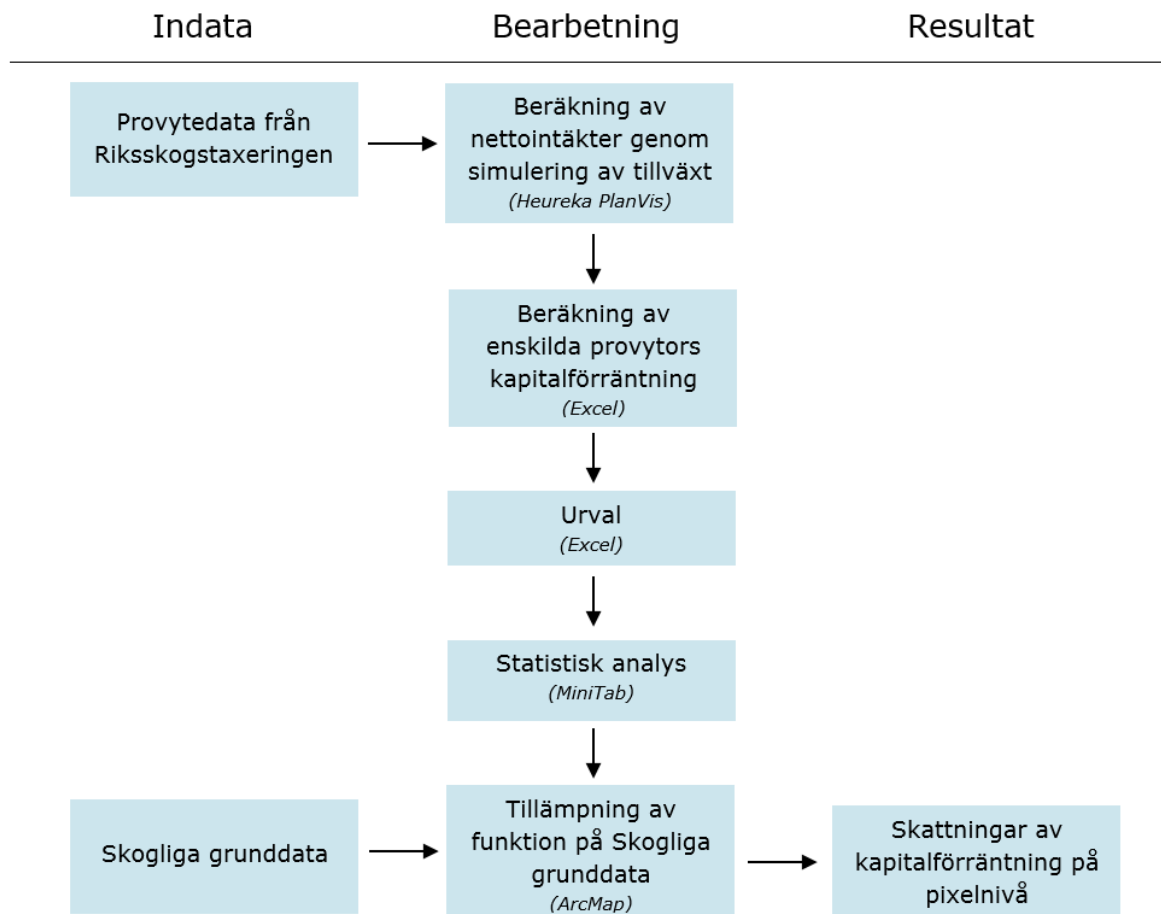
Syftet med denna studie är att:

- undersöka vilka variabler som påverkar skogsbestånds kapitalförräntning
- ta fram funktioner för beräkning av skogsbestånds kapitalförräntning
- ta fram kartor som visar kapitalförräntningen i medelålders och äldre skog i Sverige baserat på information från Skogsstyrelsens Skogliga grunddata.

2 Material och metoder

2.1 Grafisk beskrivning av tillvägagångssätt

I Figur 2 visas ett flödesschema som beskriver vilka processer som har genomförts i studien. I den vänstra kolumnen illustreras vilka data som har använts. Den mittersta kolumnen illustrerar vilka bearbetningar som har utförts med respektive data och den högra kolumnen visar resultatet av bearbetningarna och beräkningarna.



Figur 2. Flödesschema över arbetsprocesserna.

Figure 2. Flowchart of working processes.

2.2 Indata

2.2.1 Uppgifter från Riksskogstaxeringen

Skoglig information från Riksskogstaxeringen har använts som indata till analysverktyget Heureka PlanVis. Riksskogstaxeringen är en årlig provyteinventering och utgör en del av Sveriges officiella statistik (SLU, 2018). Inventeringens främsta syfte är att beskriva tillstånd och förändringar i Sveriges skogar. Trots att andelen skogsmark som inventeras är låg kan uppgifter med god säkerhet presenteras på riks- landsdels- och länsnivå (Fridman *et al.*, 2014). I denna studie användes Riksskogstaxeringens data från 2017 års permanenta och tillfälliga provytor med uppgifter om enskilda träd.

2.2.2 Skogliga grunddata

Skogsstyrelsens produkt Skogliga grunddata är framtagen genom en sambearbetning av laserdata från Lantmäteriets nationella laserskanning och provvytor från Riksskogstaxeringen (Skogsstyrelsen, 2018). Skogliga grunddata innehåller heltäckande skattningar av flera parametrar som till exempel den produktiva skogsmarkens volym, medeldiameter och höjd (Figur 3).



Figur 3. Virkesvolym enligt Skogsstyrelsens Skogliga grunddata. Lågt virkesförråd illustreras med ljusgrön färg och högt virkesförråd illustreras med mörkgrön färg.

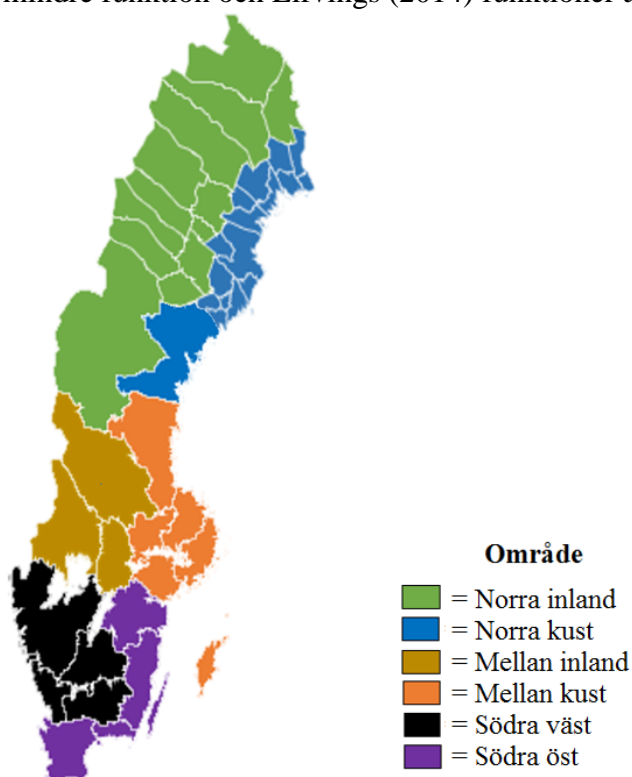
Figure 3. Wood volume according to the Swedish Forest Agency's Skogliga grunddata. Low wood storage is illustrated with light green color and high wood storage is illustrated with dark green color.

2.3 Beräkning av nettointäkter genom simulering av tillväxt

För att fastställa nettointäkterna vid två olika tidpunkter användes analys- och planeringsverktyget Heureka PlanVis. Heureka PlanVis har utvecklats vid Sveriges lantbruksuniversitet till följd av de allt högre krav som ställs på skogsekosystemet att producera virke och andra produkter (Wikström *et al.*, 2011). Verktöget används för att simulera skogens utveckling och identifiera det skötsel- och avverkningsalternativ som bäst uppfyller användarens mål. Programmet hanterar ekonomiska mål kopplade till virkesproduktion men även andra mål som till exempel skogens lämplighet för rekreation och funktion som kolsänka. Beräkningarna görs och redovisas för femårsperioder. Ofta görs analyserna för 100 år, det vill säga 20 femårsperioder, eller längre. För varje beräkningsenhet (provyta eller bestånd) görs beräkningar för många olika åtgärdsalternativ. Systemet väljer i sista steget ut det handlingsalternativ som leder till högst uppfyllnad av det angivna målet.

Uppgifter om skogstillståndet från respektive provyta användes för intäkts- och kostnadsberäkningar. För intäktsberäkningarna utfördes teoretisk aptering för ett stort antal typträd med olika kombinationer av diameter, höjd och trädslag. Den teoretiska apteringen maximerade intäkterna givet prislister. Prislister som användes bygger på

skogsägarföreningarnas prislistor och speglar skillnader i virkespriser mellan norr och söder men också mellan kust och inland. Skillnaderna i prislistorna utgjorde grund för en geografisk indelning av landet (Figur 4). Landet delades in i sex områden som var och en beräknades med en unik prislista (Bilaga 3). För de fyra nordligaste områdena gjordes ett genomsnittligt transportavdrag för massaved per område. Inget antagande om framtida prisförändring gjordes, vilket innebar att respektive områdes prisrelation mellan sågtimmer och massaved som var gällande under 2018 avgjorde hur mycket sågtimmer respektive massaved som apterades. Kostnaderna beräknades som drivningskostnaden med hänsyn till tidsåtgång och tidskostnad för skördare respektive skotare. Den beräknade avverkningskostnaden multiplicerades med 1,5 som en anpassning till avverkningskostnad enligt Skogsstyrelsens statistik (SOS, 2018). För att beräkna den nettointäkt som skogsbeståndet vid fortsatt tillväxt skulle ha gett upphov till vid ett senare tillfälle utfördes simuleringar av skogstillståndets utveckling. Trädvolym beräknades med Brandels (1990) mindre funktion och Elfving (2014) funktioner användes för att simulera mortalitet.



Figur 4. Geografisk indelning till grund för intäktsberäkningarna i Heureka PlanVis utifrån skillnader i prislistorna.

Figure 4. Geographical division that formed the basis for the revenue calculations in Heureka PlanWise based on differences in the price lists.

2.4 Beräkning av kapitalförräntning

De nettointäkter som beräknades i Heureka PlanVis exporterades tillsammans med skoglig information från respektive provyta till Excel. Förräntningen för en femårsperiod erhöles genom att relatera nettointäkten vid det senare tillfället till nettointäkten vid det första tillfället. Förräntningen per år kan inte beräknas genom att dividera den totala förräntningen med antal år eftersom ingen hänsyn då tas till ränta-på-ränta-effekten. I studien antogs tillväxttakten vara konstant varför den årliga förräntningen beräknades genom att dra den femte roten ur förräntningen för femårsperioden. Att på detta sätt

beräkna den genomsnittliga förräntningen per år med antagandet om konstant tillväxttakt är vanligt förekommande för investeringar som sträcker sig över längre tidsperioder (Bauman *et al.*, 1998). I investeringsteori kallas måttet ofta för CAGR vilket är en förkortning av engelskans *Compound Annual Growth Rate*. Denna beräkning upprepades för samtliga av de nettointäkter som beräknats i Heureka PlanVis. Till respektive provyta tillfördes därefter information om dess latitud, altitud, marklutning och biomassa.

2.5 Urval

I datamaterialet för provytornas beräknade förräntning och tillhörande information om skogliga variabler gjordes fyra urval (Tabell 1).

Det första urvalet var att endast provytor med etablerad skog inkluderades. Skogen klassificerades som etablerad då dess grundtevägda medelhöjd översteg cirka sju meter. Urvalet är motiverat eftersom Heureka PlanVis inte kan simulera slutavverkning för ungskog.

Det andra urvalet var att endast provytor med positiv förräntning inkluderades. Eftersom intäkt- och kostnadsberäkningar sker på provytenivå i denna studie får enskilda träd större betydelse än motsvarande beräkningar på beståndsnivå. Värdefulla träd som prognosticeras dö kan därför resultera i att förräntningen för den enskilda provytan blir negativ. Om motsvarande beräkning istället skett på beståndsnivå är sannolikheten låg att det enskilda trädets negativa värdeutveckling skulle resultera i en negativ förräntning för beståndet. Urvalet motiveras eftersom funktionerna är tänkta att tillämpas på beståndsnivå.

Det tredje urvalet var av provytor som dominerades (>50 %) av tall eller gran, alternativt av dessa tillsammans. Detta urval motiverades eftersom de allra flesta provytor dominerades av något av dessa trädslag och att en regressionsmodell som innefattar få trädslag kan förklara skillnader i kapitalförräntning bättre än en regressionsmodell som innefattar många trädslag, givet att trädslagsinformation inte finns tillgänglig vid användning.

Det fjärde urvalet var att datamaterialet rensades på extremvärden av förräntningen. Ett intervall för förräntningsvärden beräknades varvid förräntningsvärden som föll utanför detta intervall eliminerades ur datamaterialet. Det övre förräntningsvärdet beräknades genom att addera differensen mellan övre och nedre kvartil till den övre kvartilen. Det lägre förräntningsvärdet beräknades på motsvarande sätt genom att subtrahera differensen mellan övre och nedre kvartil från den nedre kvartilen. Detta urval motiverades eftersom regressionsanalyser är känsliga för extremvärden, vilka hotar att sänka förklaringsgraden för regressionsmodellen. Enligt Myra & Witmer (2003) är detta ett allmänt accepterat sätt för rensning av extremvärden inför statistisk analys.

Tabell 1. Antal kvarvarande provytor inom respektive område efter respektive urval
Table 1. The number of sample plots in each area after each selection

Område	Etablerad skog (st)	Positiv förräntning (st)	Domineras av tall eller gran (st)	Rensning av extremvärden (st)	Totalt bortvalda (st)
Norra inland	246	243	226	224	22
Norra kust	223	223	216	204	19
Mellan inland	279	279	273	259	20
Mellan kust	252	251	247	235	17
Södra väst	254	252	244	214	40
Södra öst	174	174	171	158	16
<i>Totalt</i>	<i>1428</i>	<i>1422</i>	<i>1377</i>	<i>1294</i>	<i>134</i>

2.6 Statistisk analys

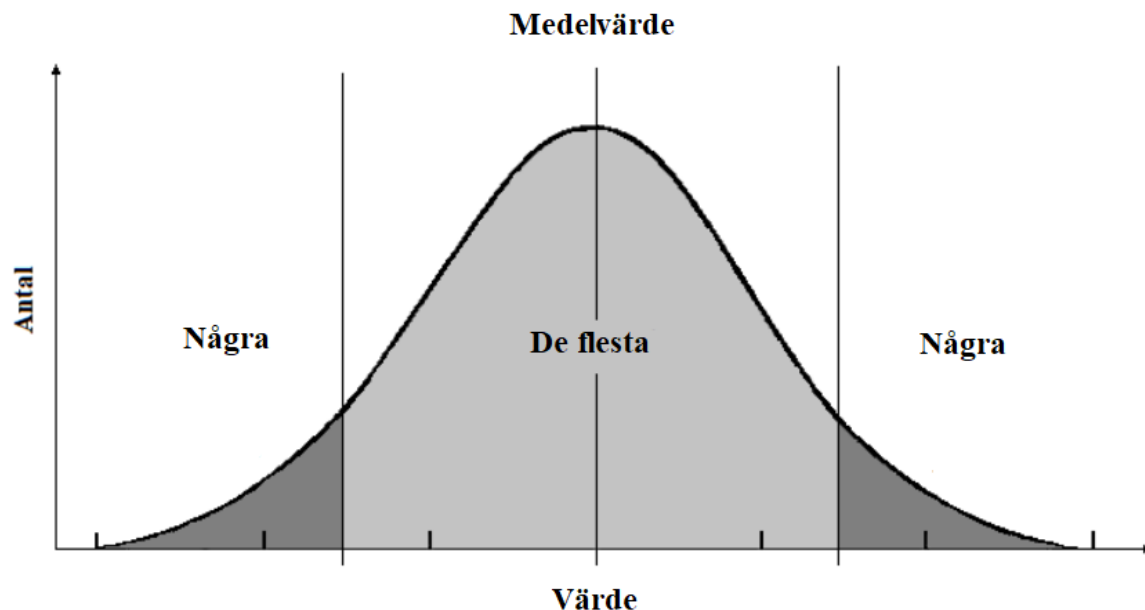
En variabel är en egenskap som kan variera mellan olika enheter i en population (Dahmström, 2000). För att undersöka samband mellan variabler kan en konceptuellt enkel metod som kallas för regressionsanalys användas. Sambandet uttrycks med en funktion eller modell som förklarar hur en beroende variabel påverkas av en eller flera oberoende variabler (Chatterjee & Hadi, 2006). Då flera oberoende variabler påverkar den beroende variabeln används multipel linjär regressionsanalys. Genom att inkludera flera oberoende variabler ökar möjligheten att förklara variationen hos en beroende variabel (Dahmström, 2000).

Ekvationen för en multipel linjär regressionsmodell kan skrivas:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon, \quad (1)$$

där $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ är koefficienter till de oberoende variablerna X_1, X_2, \dots, X_n (Chatterjee & Hadi, 2006). Den grekiska bokstaven ε betecknar en slumpvariabel vars syfte är att beskriva de avvikelser som uppstår mellan de Y-värden som X-värdena förväntas ge upphov till och de observerade Y-värdena. För varje värde på X_1, X_2, \dots, X_n som ryms inom ramarna för datasetet förväntas ekvationen ge en acceptabel skattning av det sanna Y-värdet. För att ta reda på hur väl regressionsmodellen skattar den beroende variabeln beräknas determinationskoefficienten (R-square). R-square är ett mått på hur väl variationen i de oberoende variablerna förklarar variationen i den beroende variabeln. R-square tenderar att i regressioner med många oberoende variabler överskatta förklaringsgraden. Justerad förklaringsgrad (R-square jus.) är ett mått som tar hänsyn till antal oberoende variabler och justerar värdet därefter.

Ett kriterium för att möjliggöra regressionsmodeller med hög tillförlitlighet är att data är normalfördelat (Figur 5). Att data är normalfördelat innebär att observationerna koncentreras runt medelvärdet och att fördelningen av dem ser likadan ut på båda sidor av medelvärdet (Chatterjee & Hadi, 2006). Data som uppvisar hög grad av normalfördelning tillåter användare att generera regressionsmodeller med högre förklaringsgrad än vad som är möjligt av data som uppvisar låg grad av normalfördelning.



Figur 5. En variabel som är normalfördelad antar ofta värden som ligger nära medelvärdet och mycket sällan värden som avviker markant från medelvärdet.

Figure 5. A variable that is normally distributed often assumes values that are close to the mean and very rarely values that deviate markedly from the mean.

Skoglig och geografisk information från respektive provyta inklusive beräkningar av dess kapitalförräntning exporterades från Excel till statistikprogrammet MiniTab. Därefter transformerades vissa (Tabell 2) av de oberoende variablerna för att uppnå en högre grad av normalfördelning. I MiniTab valdes kapitalförräntning som beroende variabel och resterande faktorer (Tabell 2) till oberoende variabler. Stegvis linjär multipel regressionsanalys utfördes varvid oberoende variabler som uppvisade hög förklaringsgrad (signifikansnivå högre än 0,05) adderades till regressionsmodellen. Att signifikansnivån bestämdes till 0,05 innebär att sannolikheten för att den oberoende variabeln inte har någon inverkan på den beroende variabeln är mindre än 5 % (Bickel & Doksum. 2001). Omvänt kan man säga att sannolikheten för att den oberoende variabeln påverkar den beroende variabeln är större än eller lika med 95 %.

Regressionsmodellens VIF-värden (Variance Inflation Factor) studerades i syfte att upptäcka multikollinearitetsproblem. Multikollinearitet innebär att flera oberoende variabler är nära korrelerade med varandra vilket kan leda till att fel variabler för att beskriva den beroende variabeln identifieras. Flera korrelationstest utfördes för att undersöka vilka variabler som uppvisade hög korrelation och effekterna av att eliminera någon/några av dessa. Den justerade förklaringsgraden studerades för att säkerställa att regressionsmodellens förklaringsgrad inte märkvärt försämrades när oberoende variabler med hög korrelation eliminerades.

Den beroende variabeln transformerades enligt optimal transformering (Box-Cox). Hänsyn till logaritmiskt bias togs genom tillbakatransformering av den beroende variabeln. Korrektionskoefficienten beräknades som kvoten mellan summan av de observerade förräntningsvärdena och summan av de skattade förräntningsvärdena.

Regressionsmodellens residualer studerades för att undersöka om de var normalfördelade med konstant varians, samt om observationerna var oberoende av varandra. Därefter togs partialsamband fram för att åskådliggöra respektive variablers inverkan på förräntningen.

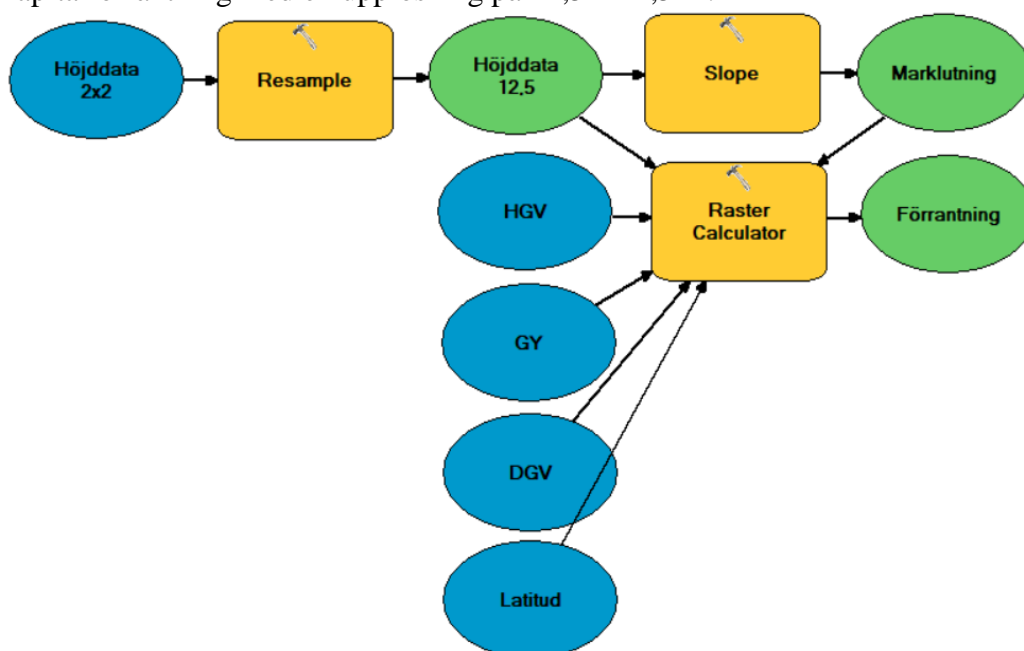
Tabell 2. Oberoende variabler som testades i regressionsanalysen samt vilken eventuell transformering respektive variabel genomgick

Table 2. Which independent variables that were tested in the regression analysis and any transformation

Oberoende variabel	Transformerings	Beteckning
Volym (m ³ sk/ha)	LN	LN (1+ VOL)
Grundyta (m ² /ha)	-	GY
Grundytevägd medelhöjd (dm)	LN	LN (1+HGV)
Grundytevägd medeldiameter (cm)	LN	LN (1+DGV)
Biomassa (ton/ha)	LN	LN (1+BIO)
Marklutning (° på 20 m provyteradie)	LN	LN (1+Marklutning)
Latitud (° n. br.)	-	Latitud
Altitud (m.ö.h)	-	Altitud

2.7 Tillämpning av funktion på Skogliga grunddata

ArcMap är en programvara som används för att visa, redigera, skapa och analysera spatiala data. I ArcMap byggdes en modell för att beräkna kapitalförräntning för Sveriges produktiva skogsmarksareal (Figur 6). De datafiler som användes som indata var av bildformatet TIFF (.tif) och tillgängliggjordes av institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges lantbruksuniversitet. Rasterfiler för altitud och marklutning skapades baserad på nationella höjdmodellen som har en upplösning på 2 x 2 meter. Verket ”Resample” användes för att ändra höjdmodellens upplösning i syfte att matcha övriga rasterfilers upplösning (12,5 x 12,5 m). För att beräkna marklutningen användes verket ”Slope”. Därefter användes verket ”Raster Calculator” som tillåter användare att utföra matematiska beräkningar på rasterfiler. Regressionsmodellen angavs som matematisk funktion och förräntningen för varje enskild pixel skattades. Bearbetningen resulterade i en rasterfil med rikstäckande skattningar av svenska skogars kapitalförräntning med en upplösning på 12,5 x 12,5 m.



Figur 6. Förenklad struktur av den modell som byggdes i ArcMap för att skatta kapitalförräntning för Sveriges produktiva skogsmarksareal.

Figure 6. Simplified structure of the model that were built in ArcMap to estimate the rate of interest of Sweden's productive forest land.

2.8 Översikt av data

Delar av materialet som mottogs från Riksskogstaxeringen och vidarebehandlades i Heureka Planvis sammanställdes i en tabell (Tabell 3).

Tabell 3. Beskrivande statistik för en del av de uppgifter som erhöles från Riksskogstaxeringen och vidarebehandlades i Heureka PlanVis

Table 3. Descriptive statistics for some of the data that was obtained from the Swedish National Forest Inventory and further processed in Heureka PlanWise

Variabel	Område	Medelvärde	Median	Min	Max	Stdavv.
Förräntning (%)	Norra inland	3,5	2,7	0,1	13,3	0,03
	Norra kust	4,3	3,7	0,1	13,0	0,03
	Mellan inland	4,6	3,6	0,6	13,3	0,03
	Mellan kust	3,9	3,0	0,1	13,2	0,03
	Södra väst	4,0	2,8	0,2	13,3	0,03
	Södra öst	4,7	4,1	0,5	13,0	0,03
	<i>Totalt</i>	4,2	3,2	0,1	13,3	2,9
Volym (m ³ sk/ha)	Norra inland	211	190	68	562	92
	Norra kust	214	196	40	728	97
	Mellan inland	262	227	63	826	129
	Mellan kust	291	252	56	940	141
	Södra väst	281	251	72	820	137
	Södra öst	277	247	49	820	141
	<i>Totalt</i>	256	227	40	940	128
Grundyta (m ² /ha)	Norra inland	27	25	10	72	9
	Norra kust	27	26	5	70	10
	Mellan inland	29	27	8	71	11
	Mellan kust	32	30	10	85	12
	Södra väst	31	30	10	74	12
	Södra öst	31	28	8	77	12
	<i>Totalt</i>	30	28	5	85	11
Grundytevägd medelhöjd (m)	Norra inland	18	18	12	37	3
	Norra kust	18	18	13	31	3
	Mellan inland	21	20	14	39	4
	Mellan kust	21	21	12	35	4
	Södra väst	21	21	10	36	5
	Södra öst	21	21	9	32	4
	<i>Totalt</i>	20	20	9	39	4
Grundytevägd medeldiameter (cm)	Norra inland	24	23	15	52	6
	Norra kust	21	21	13	36	4
	Mellan inland	25	24	13	50	6
	Mellan kust	27	26	10	49	6
	Södra väst	26	25	10	45	7
	Södra öst	27	26	12	48	7
	<i>Totalt</i>	25	24	10	52	6
Medelstamsvolym (m ³ fub)	Norra inland	0,26	0,21	0,08	1,43	0,17
	Norra kust	0,21	0,19	0,07	0,71	0,11
	Mellan inland	0,34	0,28	0,10	1,47	0,21
	Mellan kust	0,38	0,32	0,09	1,17	0,24
	Södra väst	0,36	0,28	0,03	1,42	0,26
	Södra öst	0,40	0,30	0,07	1,74	0,28
	<i>Totalt</i>	0,32	0,26	0,03	1,74	0,23

Variabel	Område	Medelvärde	Median	Min	Max	Stdavv.
Stamantal (stammar/ha)	Norra inland	1 300	1 010	140	7 820	1 000
	Norra kust	1 640	1 250	100	9 330	1 370
	Mellan inland	1 230	830	140	15 820	1 440
	Mellan kust	1 210	860	160	11 260	1 290
	Södra väst	1 280	890	160	7 070	1 110
	Södra öst	1 290	820	100	18 270	1 830
	<i>Totalt</i>	<i>1 320</i>	<i>920</i>	<i>100</i>	<i>18 270</i>	<i>1 350</i>
Bruttointäkt (kr/ha)	Norra inland	58 000	50 000	17 000	170 000	29 000
	Norra kust	62 000	55 000	12 000	254 000	32 000
	Mellan inland	83 000	68 000	18 000	319 000	51 000
	Mellan kust	92 000	74 000	16 000	368 000	57 000
	Södra väst	123 000	109 000	21 000	449 000	73 000
	Södra öst	106 000	87 000	16 000	439 000	71 000
	<i>Totalt</i>	<i>86 000</i>	<i>68 000</i>	<i>12 000</i>	<i>449 000</i>	<i>59 000</i>
Drivningskostnad (kr/ha)	Norra inland	22 400	21 400	9 800	49 400	7 800
	Norra kust	24 200	22 600	4 400	54 100	8 500
	Mellan inland	24 500	23 100	7 100	62 600	9 600
	Mellan kust	25 300	24 000	6 400	63 300	9 000
	Södra väst	25 900	24 600	8 800	60 500	9 700
	Södra öst	24 300	22 200	6 000	53 000	9 400
	<i>Totalt</i>	<i>24 400</i>	<i>23 100</i>	<i>4 400</i>	<i>63 300</i>	<i>9 100</i>
Nettointäkt (kr/ha)	Norra inland	35 400	27 200	7 700	136 600	24 000
	Norra kust	37 900	30 600	5 800	199 700	26 300
	Mellan inland	58 500	45 200	9 500	261 200	44 700
	Mellan kust	67 000	49 900	9 300	305 100	50 600
	Södra väst	97 200	85 800	8 000	397 900	67 200
	Södra öst	81 300	60 400	7 100	387 200	65 300
	<i>Totalt</i>	<i>62 000</i>	<i>44 800</i>	<i>8 000</i>	<i>397 900</i>	<i>53 000</i>

3 Resultat

3.1 Statistisk analys

3.1.1 Stegvis regressionsanalys

I den stegvisa regressionsanalysen uppvisade alla oberoende variabler förutom volym och biomassa statistisk signifikans (Tabell 4). Grundtyvägd medeldiameter är den variabel som bäst förklarar variationer i förräntning (Bilaga 1).

Tabell 4. Stegvis regressionsanalys med förräntning som beroende variabel. För varje steg adderas den variabel som bäst förklarar förräntningen till dess att ingen ytterligare variabel uppvisar statistisk signifikans på femprocentnivå

Table 4. Step-by-step regression analysis with rate of interest as dependent variable. In each step, the variable that best explains the rate of interest is added until no further variable show statistical significance at five percent level

Steg	Oberoende variabel	P-värde	R-square jus. (%)
1	DGV	0,00	36,6
2	+ GY	0,00	42,5
3	+ Latitud	0,00	49,1
4	+ Altitud	0,00	49,6
5	+ Marklutning	0,00	50,2
6	+ HGV	0,00	50,8

3.1.2 Regressionsdiagnostik

I korrelationstestet konstaterades att variablerna grundtyta, volym och biomassa är korrelerade i hög grad (Tabell 5). Eftersom variablerna volym och biomassa inte adderades till regressionsmodellen i föregående steg behövde ingen ytterligare eliminering av variabler ske.

Tabell 5. Oberoende variablers korrelation, där noll anger ingen korrelation och ett anger maximalt positivt samband och minus ett anger maximalt negativt samband

Table 5. Independent variables correlation, where zero indicates no correlation and one indicates maximum positive relation and minus one indicates maximum negative relation

	VOL	HGV	GY	DGV	BIO	Markl.	Latitud
HGV	0,675						
GY	0,907	0,393					
DGV	0,415	0,663	0,241				
BIO	0,965	0,575	0,924	0,385			
Markl.	0,045	0,070	0,019	0,019	0,025		
Latitud	-0,235	-0,330	-0,168	-0,253	-0,274	0,096	
Altitud	-0,186	-0,227	-0,143	-0,122	-0,190	0,201	0,469

Då variablerna volym och biomassa utesluts från regressionsmodellen återstod inga problem med multikollinearitet (Tabell 6), eftersom VIF-värden som understiger fem betyder att variablerna inte är korrelerade.

Tabell 6. VIF-värden för oberoende variabler

Table 6. VIF-values for independent variables

Variabel	VIF
HGV	2,12
GY	1,19
DGV	1,80
Marklutning	1,06
Latitud	1,38
Altitud	1,35

Den justerade förklaringsgraden påverkades knappt av att variablerna volym och biomassa uteslöts från regressionsmodellen (Tabell 7).

Tabell 7. Justerade förklaringsgrader för två regressionsmodeller

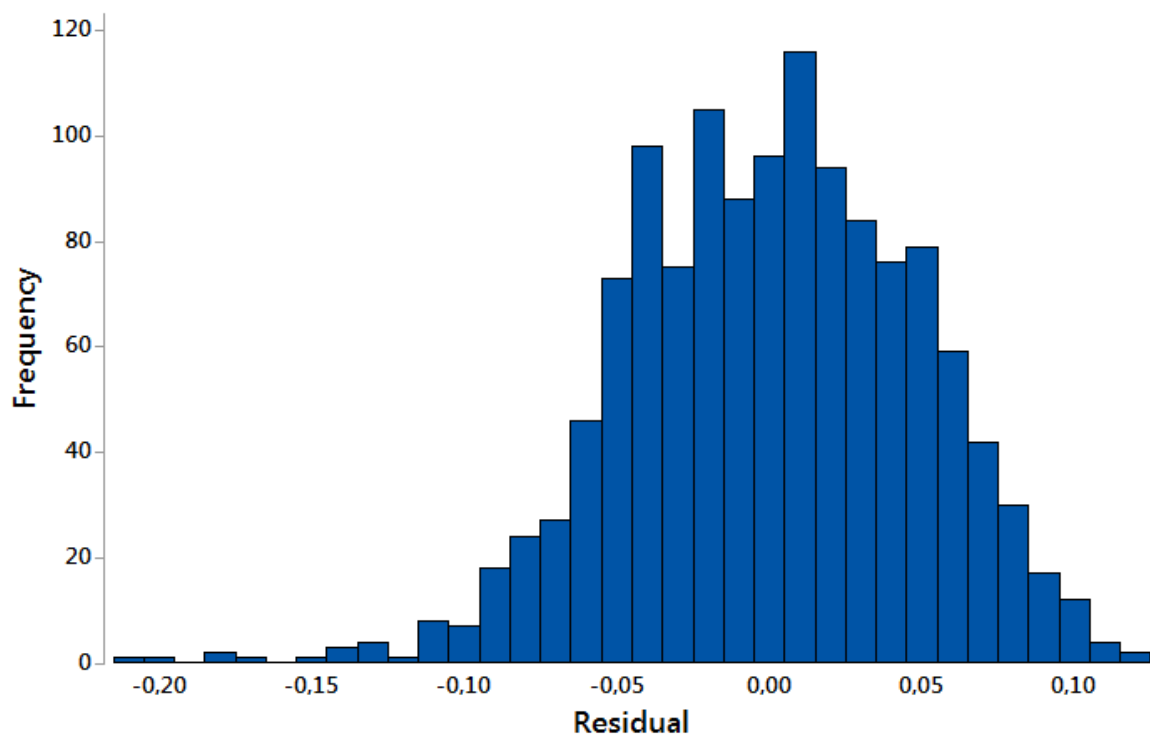
Table 7. Adjusted explanations rate for two regression models

Regressionsmodell	R-square jus. (%)
Inklusive VOL & BIO	58,87
Exklusive VOL & BIO	58,59

Den beroende variabeln transformerades enligt optimal transformering. Optimal transformering fastställdes till "upphöjt i" 0,167406.

3.1.3 Analys av residualer

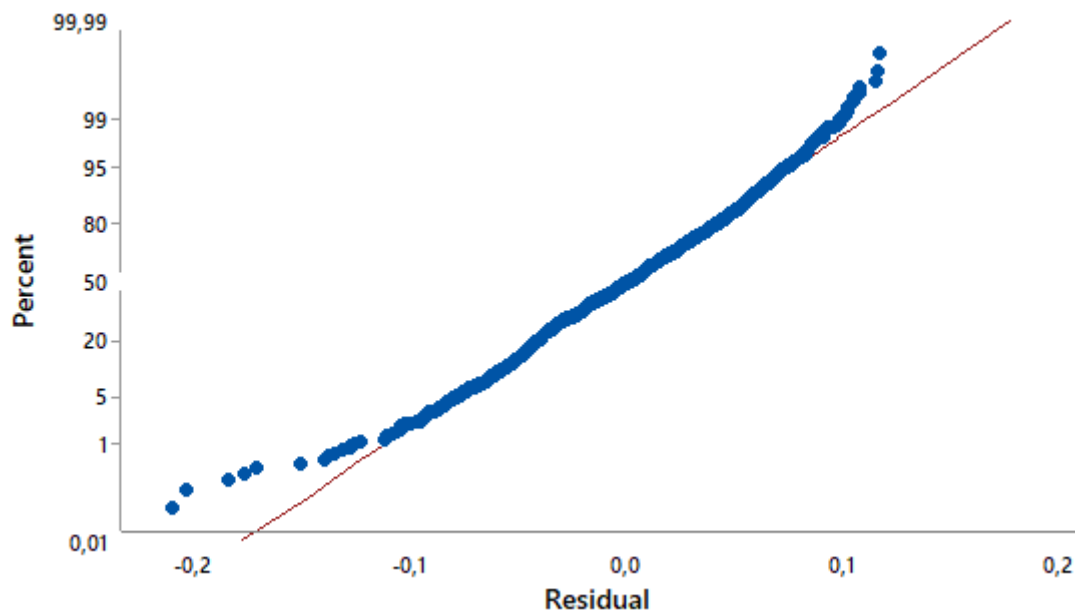
Residualerna är jämnt fördelade runt nollvärdet och uppvisar ingen tydlig skevhet (Figur 7).



Figur 7. Förräntningens residualer.

Figure 7. The residuals of the rate of interest.

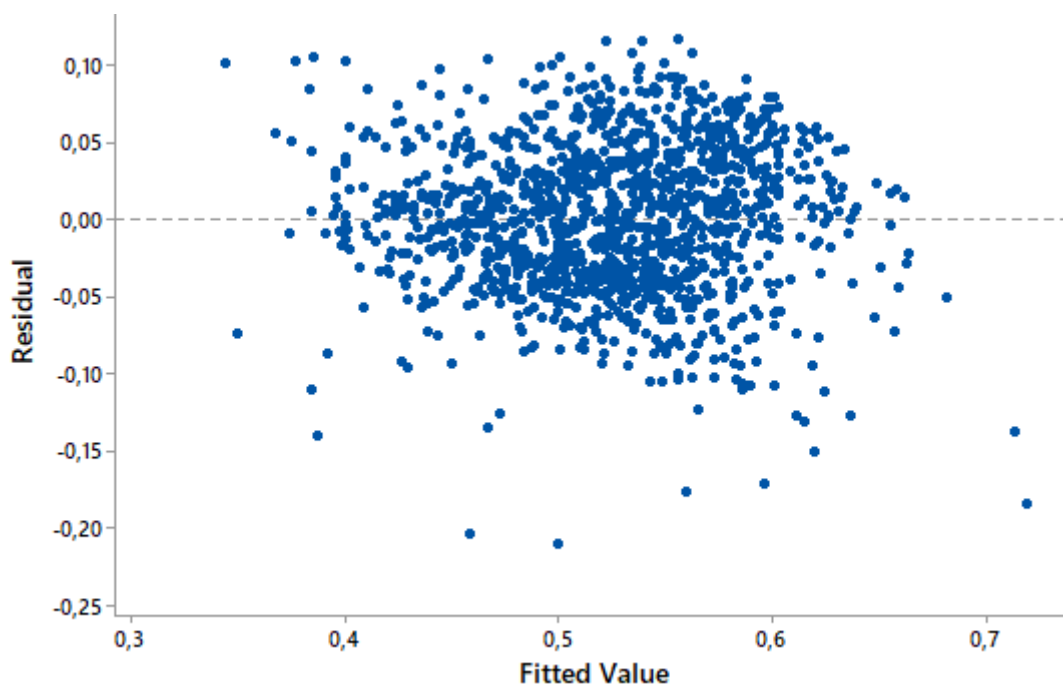
Förräntningens residualer är i hög utsträckning normalfördelade (Figur 8).



Figur 8. Normalfördelning av förräntningens residualer.

Figure 8. Normal distribution of the residuals of the rate of interest.

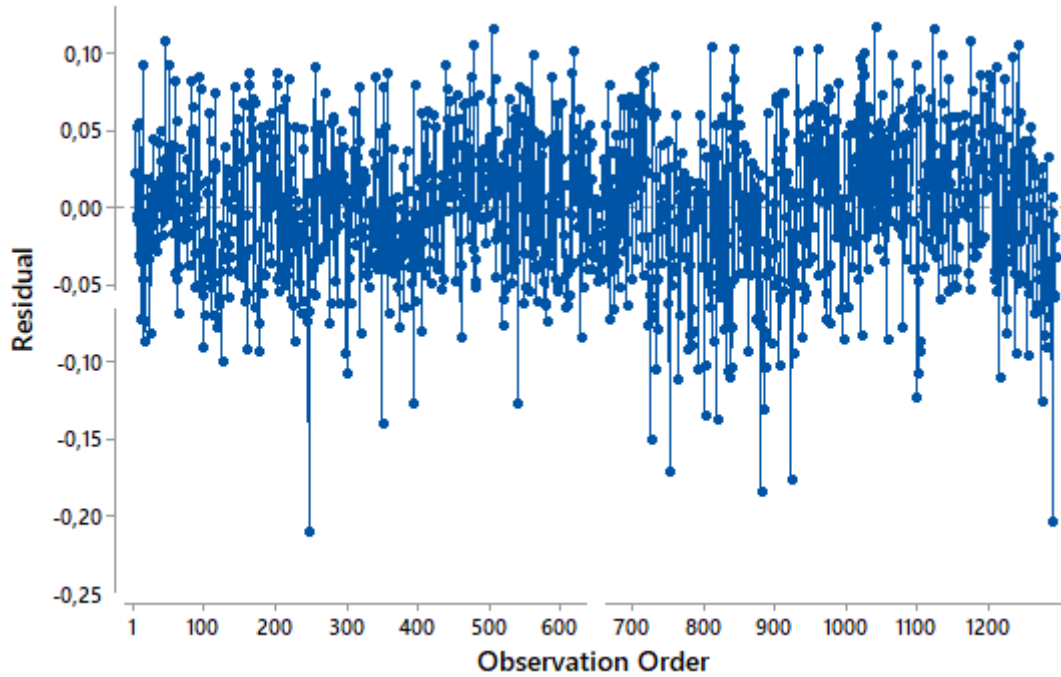
Förräntningens residualer är oberoende och slumpmässiga (Figur 9).



Figur 9. Förräntningens residualer över beräknade värden.

Figure 9. Residuals of rate of interest over fitted value.

Förräntningens residualer har konstant varians (Figur 10).



Figur 10. Förräntningens residualer över observationernas ökande provyteidentitet.

Figure 10. Residuals of rate of interest over increasing sample surface identity for the observations.

3.2 Korrigering av logaritmiskt bias

Innan korrigering för logaritmiskt bias underskattade regressionsmodellen förräntningen (1).

$$\frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i} = \frac{5380,29}{4935,63} = 1,09009184 = q \quad (1)$$

Där:

Y_i = sann förräntning (enligt beräkningar i PlanVis)

\hat{Y}_i = skattad förräntning (enligt regressionsfunktion innan korrigering för logaritmiskt bias)

q = faktor för korrigering av logaritmiskt bias

3.3 Regressionsmodell

Faktor för korrigering av logaritmiskt bias och tillbakatransformering av optimal transformering adderades till regressionsmodellen (2).

$$I = ((1,6393 - 0,02058 * LN(1 + HGV) - 0,02132 * GY - 0,17437 * LN(1 + DGV) + 0,00691 * LN(1 + M) - 0,005542 * L - 0,000060 * A)^{5,97350155}) * q \quad (2)$$

Där:

I = Förräntning (decimaltal)

LN HGV = Naturliga logaritmen av grundytavägd medelhöjd (m)

LN GY = Naturliga logaritmen av grundyta (m^2/ha)

LN DGV = Naturliga logaritmen av grundytavägd medeldiameter (cm)

LN M = Naturliga logaritmen av marklutning ($^\circ$ på 20 m provyteradie)

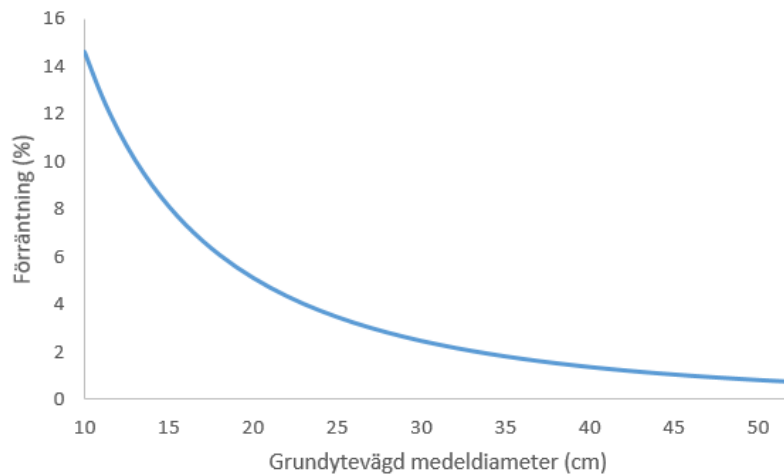
L = Latitud ($^\circ$ n. br.)

A = Altitud (m.ö.h.)

q = Faktor för korrigering av logaritmiskt bias (1,09009184)

3.4 Partialsamband

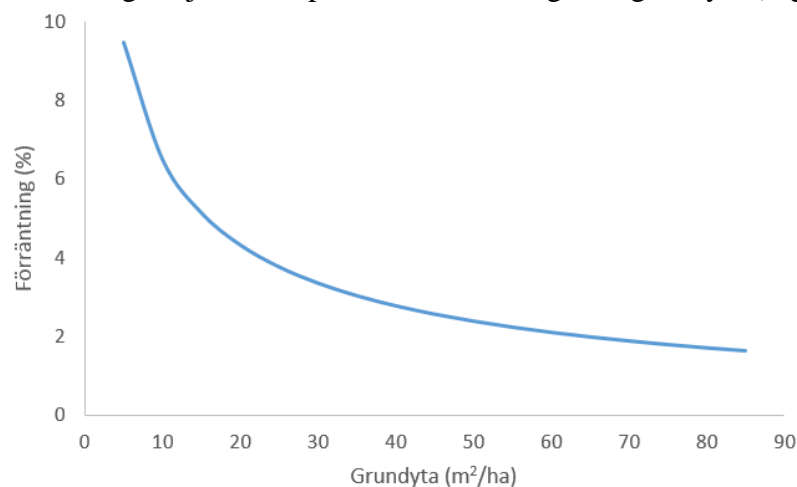
Figurerna är sorterade i storleksordning enligt den förklaringsgrad som respektive variabel har på förräntningen. Förräntningen sjunker exponentiellt med stigande grundytavägd medeldiameter (Figur 11).



Figur 11. Förräntning som en funktion av grundytavägd medeldiameter.

Figure 11. Rate of interest as a function of basic weighted average diameter.

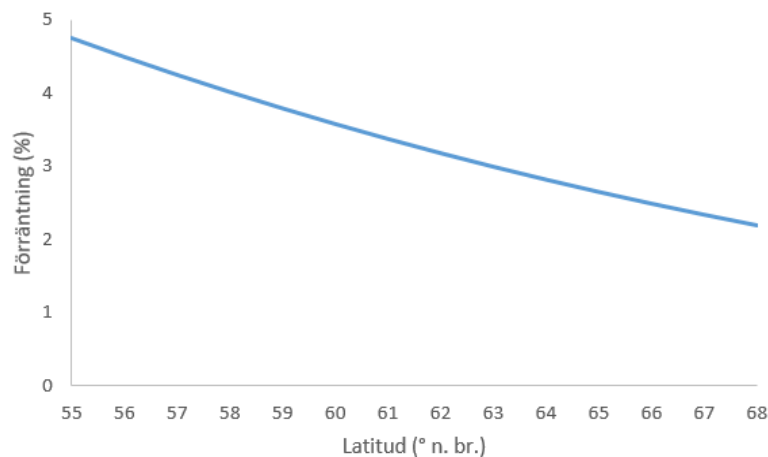
Förräntningen sjunker exponentiellt med stigande grundyta (Figur 12).



Figur 12. Förräntning som en funktion av grundyta.

Figure 12. Rate of interest as a function of basal area.

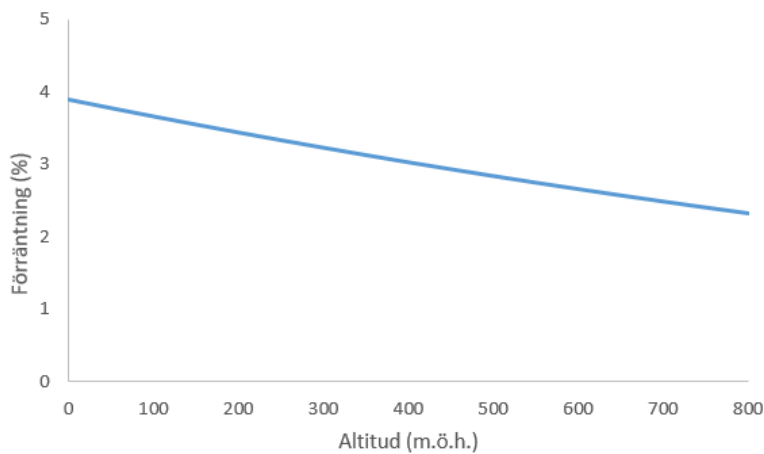
Förräntningen sjunker linjärt med ökad breddgrad (Figur 13).



Figur 13. Förräntning som en funktion av latitud.

Figure 13. Rate of interest as a function of latitude.

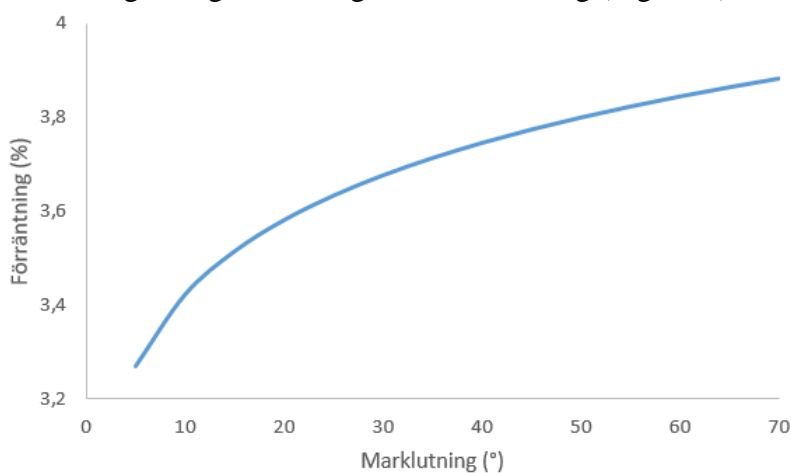
Förräntningen sjunker linjärt med ökad altitud (Figur 14).



Figur 14. Förräntning som en funktion av altitud.

Figure 14. Rate of interest as a function of altitude.

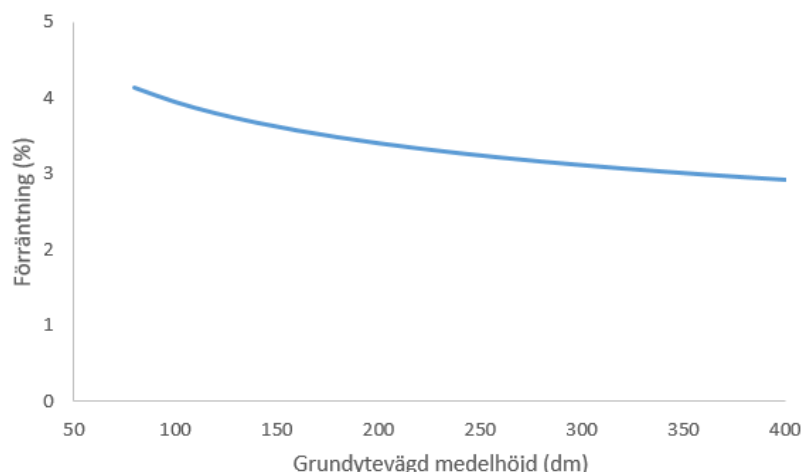
Förräntningen stiger med stigande marklutning (Figur 15).



Figur 15. Förräntning som en funktion av marklutning.

Figure 15. Rate of interest as a function of slope.

Förräntningen sjunker med stigande grundtyevägd medelhöjd (Figur 16).



Figur 16. Förräntning som en funktion av grundtyevägd medelhöjd.

Figure 16. Rate of interest as a function of basic weighted average height.

3.5 Utökade funktioner

Då regressionsmodellen utformades utan krav på att vara tillämpbar på Skogliga grunddata identifierades ytterligare variabler för att beskriva förräntningen (Tabell 8). Den övre funktionen gäller för talldominerade bestånd och den nedre för grandominerade bestånd. Statistisk information för framtagandet av dessa regressionsmodeller återfinns i Bilaga 2.

Tabell 8. Funktioner för skattning av skogsbestånds kapitalförräntning med fler variabler än de som finns tillgängliga från Skogliga grunddata

Table 8. Functions for estimation of forest stands rate of interest with more variables than those available from Skogliga grunddata

Trädslag	Funktion
Tall	$I = ((0,81522 - 0,001037 * \text{ÅGV} - 0,003572 * \text{HGV} - 0,001810 * \text{GY} - 0,002600 * \text{DGV} + 0,001260 * \text{SI} + 0,000254 * \text{M} + 0,000020 * \text{A})^{6,089}) * q_1$
Gran	$I = ((0,82838 - 0,001037 * \text{ÅGV} - 0,003572 * \text{HGV} - 0,001810 * \text{GY} - 0,002600 * \text{DGV} + 0,001260 * \text{SI} + 0,000254 * \text{M} + 0,000020 * \text{A})^{6,089}) * q_2$

Där:

I = Förräntning (decimaltal)

ÅGV = Grundtyevägd medelålder (år)

HGV = Grundtyevägd medelhöjd (m)

GY = Grundyta (m²/ha)

DGV = Grundtyevägd medeldiameter (cm)

SI = Ståndortsindex (H100)

M = Marklutning (° på 20 m provyteradie)

A = Altitud (m.ö.h.)

q₁ = Faktor för korrigering av logaritmiskt bias (1,03452883)

q₂ = Faktor för korrigering av logaritmiskt bias (1,02303625)

4 Diskussion

4.1 Indata

Data som mottogs från Riksskogstaxeringen är av mycket hög kvalitet och utgör ett representativt stickprov av verkliga skogar (SLU, 2018). Viktiga egenskaper som data uppfyller är att det är objektivt insamlat, rikstäckande och av ansevärd storlek (Fridman *et al.*, 2014). Data insamlat av människor innehåller alltid en del fel kopplade till den mänskliga faktorn. Trots att Riksskogstaxeringen utbildar inventeringslagen, och att noggranna mätinstruktioner finns, kvarstår en risk att det förekommer mindre variationer i mätningförfarandet.

Skogliga grunddata utvecklas kontinuerligt och utvärderingar av dess precision och noggrannhet visar ofta på goda resultat. En undersökning som genomfördes av skogsägarföreningen Norrskog visade att Skogliga grunddata ger 92 % träffsäkerhet mot inmätt volym vid industri (Skogsstyrelsen 2018). Att träffsäkerheten i Skogliga grunddata är hög möjliggör mer precisa skattningar av skogens förräntning.

4.2 Antagandet om konstant tillväxttakt

I skogliga sammanhang med produktionstider som inte sällan sträcker sig över hundra år anses fem år vara en kort period. Den årliga förräntningen är noll kommer troligtvis att vara mycket lik den årliga förräntningen år fem. I undantagsfall kan dessa förräntningar skilja sig åt markant. Så kan till exempel vara fallet då träden under femårsperioden prognosticeras växa från att endast uppfylla kriterierna för massaved till att även uppfylla kriterierna för sågtimmer.

4.3 Sortiment

Vid den teoretiska apteringen tilläts endast aptering till sortimenten massaved, klensågtimmer och normalgrovt sågtimmer. För massaved tillämpades en lägsta toppdiameter på 5 cm under bark. Motsvarande toppdiametergräns för klensågtimmer var 12 cm under bark. Utöver tillämpade sortiment förekommer i praktiken en mängd specialsortiment som till exempel sågkubb, stamblock och stolpar. Specialsortiment kan i vissa fall öka intäkterna vid en avverkning. Vilka specialsortiment industrierna efterfrågar varierar kraftigt över tid och geografiskt område, vilket är anledningen till att aptering av dessa sortiment inte tilläts i denna studie. Detta skulle kunna innebära en viss underskattning av förräntningen.

4.4 Intäkts- och kostnadsberäkningar

Att intäktsberäkningarna bygger på teoretisk aptering mot prislistor som speglar skogsägarföreningarnas prislistor motiveras på flera sätt. Idealt vore att varje skattnings intäktsberäkning byggde på den eller de aktuella prislistor som användaren får betalt enligt. Att låta användaren manuellt föra in uppgifter om virkespriser skulle minska användarvänligheten och därmed användningen av funktionerna. Skogsägarföreningarnas prislistor antas spegla de generella virkespriser som är gällande för respektive område. Viktigt är att virkespriserna speglar geografiska skillnader mellan kust och inland och

mellan norr och söder. Dessa skillnader kan antas ha samma storleksordning för skogsägarföreningar som för andra aktörer.

Ytterligare en faktor som bör tas i beaktande gällande intäktsberäkningarna är att det är den relativa värdeökningen som studeras. En prislista som genomgående uppvisar högre virkespriser än en annan kan av den anledningen ge samma förräntning. Det viktigaste kriteriet vid intäktsberäkningarna är därför att samma prislista används för intäktsberäkningarna vid båda tillfällena. Detsamma gäller på motsvarande sätt för kostnadsberäkningarna. I studien har därför samma prislista och kostnadsberäkning använts vid båda perioder.

4.5 Signifikansnivå

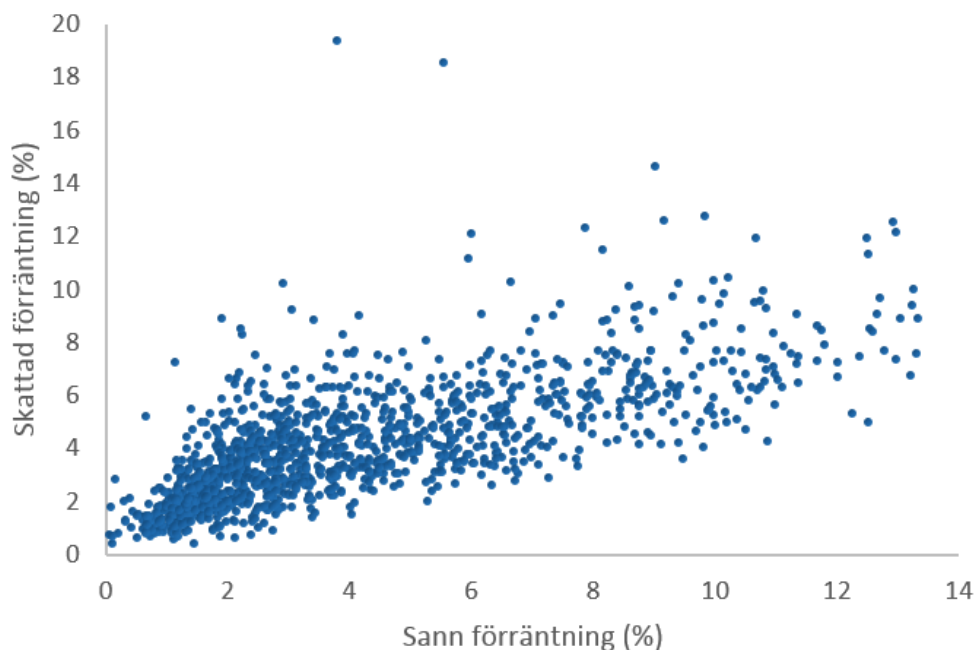
Att den signifikansnivå som användes vid hypotesprövningen bestämdes till fem procent innebär att det finns en risk att det som inom statistik ofta kallas för typ 1-fel begicks. Typ 1-fel uppstår då en felaktig slutsats dras att de uppmätta skillnaderna beror på experimentella variabler när de i själva verket beror på slumpmässig variation (Bickel & Doksum, 2001). För att gardera sig mot typ 1-fel kan signifikansnivån höjas. En höjning av signifikansnivån medför att risken för typ 2-fel ökar. Typ 2-fel är motsatsen till typ 1-fel och innebär att hypotestestaren felaktigt konstaterar att ett resultat som inte uppvisar signifikans beror på slumpmässig variation när variationen i själva verket beror på att det finns skillnader mellan de testade grupperna.

En signifikansnivå på 95 % valdes för denna studie då det är en vanligt förekommande signifikansnivå som anses balansera risken för typ 1- och typ 2-fel väl. Risken för typ 1-fel bestäms alltid på förhand och är densamma som den signifikansnivå som väljs för hypotesprövningen. Risken för typ 2-fel beror förutom storleken på den effekt som undersöks även på stickprovsstorleken. I denna studie är stickprovsstorleken stor varför de eventuella typ 2-fel som begås med stor sannolikhet beror på den undersökta effekten.

4.6 Resultat

4.6.1 Resultat för funktion anpassad till Skogliga grunddata

Resultaten klagör att skogsbestånds kapitalförräntning kan skattas utifrån Skogliga grunddata (Figur 17).



Figur 17. Punktdiagram av regressionsmodellens skattningar mot sann förräntning.

Figure 17. Dot diagram of the regression models estimates against true rate of interest.

Att grundyttevägd medeldiameter är den variabel som bäst förklarar variationer i förräntning stämmer väl överens med tidigare studier (se t.ex. Östman, 2016). Övriga variablers inverkan på förräntningen och vilka dessa är skiljer sig mellan olika studier. Östman (2016) identifierade variablerna (sorterade enligt justerad förklaringsgrad) att vara grundyttevägd medeldiameter, volym, latitud och altitud. I denna studie konstateras att variabeln volym inte tillför tillräckligt mycket information för att inkluderas i regressionsmodellen då variabeln grundyta finns med.

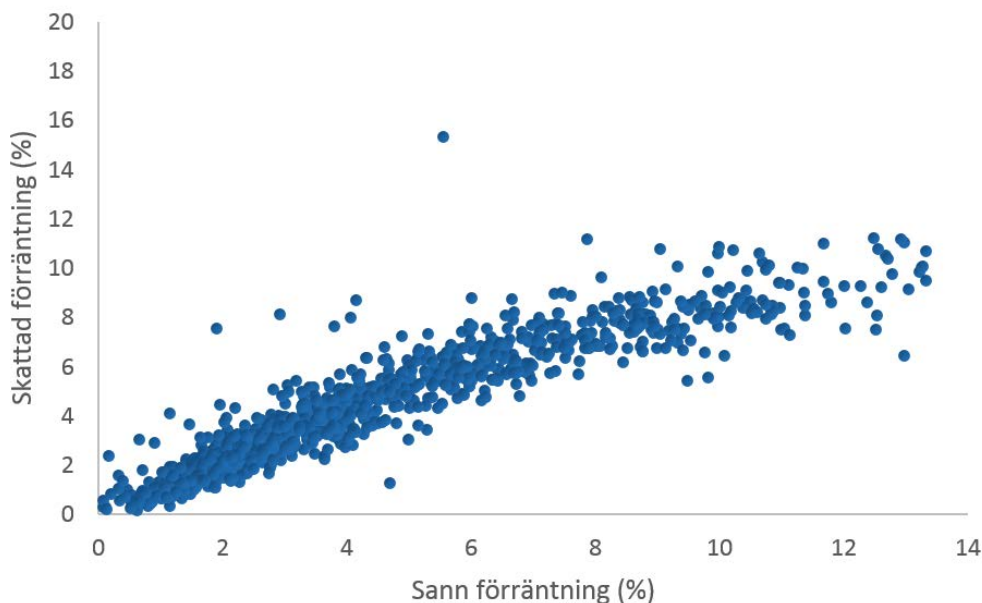
Modellen i denna studie inkluderar ytterligare två variabler; marklutning och grundyttevägd medelhöjd. Dessa variabler är de sista variablerna som adderas till regressionsmodellen vilket innebär att de förklarar variationer i förräntning sämre än övriga variabler (förutom volym och biomassa). Båda variabler är signifikanta på femprocentnivå och är motiverade att inkluderas i regressionsmodellen.

Jämförelser av regressionsmodeller indikerar att denna studies regressionsmodell bättre förklarar variationer i förräntning än tidigare studiers regressionsmodeller. Östmans mindre funktion har en justerad förklaringsgrad på 47 %. Motsvarande siffra för denna studie är 59 %. Att denna studie har en hög förklaringsgrad kan bero på att variablerna marklutning och grundyttevägd medelhöjd identifierades för att beskriva förräntningen.

Sambandsanalyserna visar att en ökning av de variablerna ger en sänkning av förräntningen för alla variabler utom marklutning. Förklaringen är att tillväxtens värde sätts i relation till variabelns värde innan tillväxt. Ju högre värde variablerna har innan tillväxt desto högre värde sätts tillväxten i relation till. Att stigande marklutning ger högre förräntning beror på att trädens rotsystem tillförs näringsämnen som är lösta i vattnet som rinner nedför sluttningen (Magnusson, 2015). Rörligt markvatten förbättrar även tillgången på syre vilket höjer produktionsförmågan ytterligare.

4.6.2 Resultat för utökad funktion

Då fler variabler än de som finns tillgängliga från Skogliga grunddata inkluderades i regressionsmodellen ökade skattningarnas precision (Figur 18).



Figur 18. Punktdiagram av den utökade regressionsmodellens skattningar mot sann förräntning.

Figure 18. Dot diagram of the extended regression models estimates against true rate of interest.

Den utökade regressionsmodellen uppnådde en justerad förklaringsgrad på 88,4 %. En ökning av respektive oberoende variabel ger en negativ inverkan på förräntningen för samtliga variabler utom ståndortsindex och altitud.

Den utökade regressionsmodellen kan användas om användaren har eller kan anskaffa behövd information om skogen. En del tänkta användare antas ha uppdaterad skogsbruksplan med tillräcklig information för att använda den utökade regressionsmodellen. Andra ställs inför avvägningen mellan den extra kostnad och/eller ansträngning det innebär att anskaffa nödvändig information och de mer precisa skattningar som kan uppnås.

Att variabeln område inte adderades till regressionsmodellen innebär att variabeln inte är signifikant på femprocentsnivå. Det betyder att variationer i virkespriser inte har någon inverkan på förräntningen.

4.7 Test av skattningar

Funktionerna testades på ett urval av provytorna och resultaten jämfördes med de värden som beräknats med Heureka PlanVis (Tabell 9).

Tabell 9. Jämförelse mellan skattad och sann förräntning för ett slumpmässigt urval av provvytor
Table 9. Comparison between estimated and true rate of interest for a random sample of sample surfaces

Provyta (nr.)	Sann förräntning (%)	Skattad förräntning begränsad funktion (%)	Skattad förräntning utökad funktion (%)
1	2,0	2,2	2,2
2	12,0	6,7	7,6
3	6,5	6,3	8,1
4	1,0	1,9	1,2
5	13,3	9,3	10,1
6	4,5	3,9	4,9
7	1,1	1,9	1,3
8	4,6	4,6	4,6
9	1,4	2,9	1,7
10	6,8	8,3	7,4
<i>Medelvärde</i>	5,3	4,8	4,9

Tabell 9 visar att skattade förräntningsvärden i de flesta fall skiljer sig från sanna förräntningsvärden. I det slumpmässiga urvalet ovan är den genomsnittliga differensen mellan skattat och sant förräntningsvärde 0,53 procentenheter för den begränsade regressionsmodellen och 0,41 procentenheter för den obegränsade. Då motsvarande beräkningar görs för hela datasetet blir differensen noll. Det beror på att de överskattade värdena kompenseras av de underskattade värdena. Då förräntningen för ett bestånd beräknas bygger beräkningarna på många värden varför differensen väntas vara låg.

För sju av provvyterna gav den utökade förräntningsfunktionen bättre skattningar. En av provvyterna gav samma förräntning med båda funktionerna och två av provvyterna gav sämre skattningar med den utökade funktionen.

I samtliga fall för urvalet ovan (Tabell 9) innehåller regressionsmodellernas skattningar värdefull information. Skattningarna ger givetvis inte information om den exakta förräntningen men de ger information om förräntningens storleksordning. För den provyta som har lägst differens mellan skattat och sant förräntningsvärde (provyta 8) är differensen noll. Skattningen är alltså densamma som den sanna förräntningen. Att provvytans skattade förräntning i detta fall är värdefull information är givet. Den provyta som har störst differens mellan sant och skattat förräntningsvärde är provyta 2. Trots att differensen är stor värderas informationen högt. Båda regressionsfunktionerna har identifierat att det rör sig om en provyta med mycket hög förräntning. Det är i de allra flesta fall tillräcklig information för att fatta beslut om till exempel slutavverkning eller förvärv.

4.8 Löpande uppdateringar

En fördel med funktionens skattningar är att de har sin utgångspunkt i Skogsstyrelsens produkt Skogliga grunddata. Under våren 2018 påbörjade Lantmäteriet en ny nationell laserskanning med dubbelt så hög punkttäthet (1-2 punkter/m²) som vid tidigare genomförd laserskanning (Lantmäteriet, 2018). Den nya laserskanningen förväntas bli fullbordad 2025 och därefter kommer kontinuerliga laserskanningar av samma markyta att genomföras med sju års mellanrum. Med uppdaterad information om skogstillståndet kan

skattningar av skogens förräntning regelbundet uppdateras (Figur 19). Att punkttätheten i den nya laserskanningen är dubbelt så hög som tidigare bör leda till mer precisa skattningar av skogstillståndet och därmed även förräntningen.



Figur 19. Rasterfil med svenska skogars kapitalförräntning. Förräntningen har skattats utifrån Skogliga grunddata med laserskanning från 2009-2018.

Figure 19. Grid file consisting of Swedish forests rate of interest. The rate of interest has been estimated based on Skogliga grunddata with laser scanning from 2009-2018.

4.9 Fortsatta studier

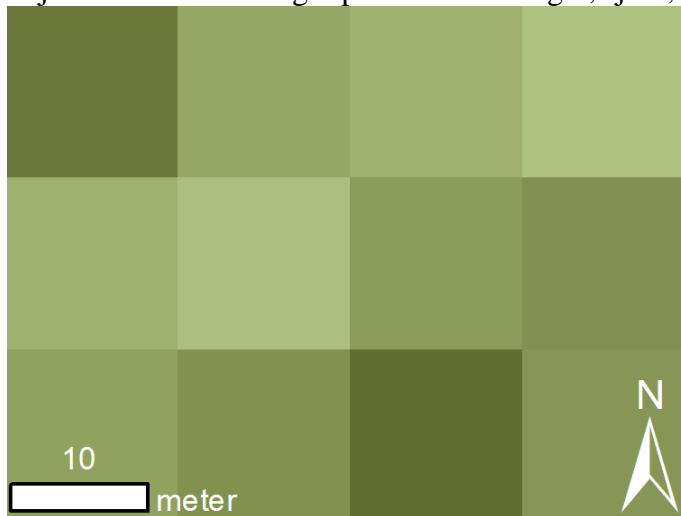
Denna studies syfte, att identifiera variabler, ta fram funktioner, och utveckla kartor för skattning av skogsbestånds kapitalförräntning, är uppnått. Vid fortsatta studier är en önskvärd variabel att addera till regressionsmodellen grundytvägd medelålder. Variabeln grundytvägd medelålder kan förklara 53 % av variationerna i förräntningen (Bilaga 2). Idag finns inga verktyg för att med fjärranalys skatta ett skogsbestånds grundytvägda medelålder varför variabeln inte kan inkluderas i regressionsmodellen.

Institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges lantbruksuniversitet arbetar med att addera ytterligare en produkt till Skogliga grunddata; trädslagsinformation. En regressionsmodell som inrymmer variabeln trädslag kan eventuellt förklara variationer i förräntning bättre än en regressionsmodell som saknar information om trädslag. I samband med att trädslagsinformation adderas till Skogliga grunddata bör den statistiska analysen i denna studie upprepas för att eventuellt addera variabeln trädslag till regressionsmodellen.

5 Tillämpning av funktion

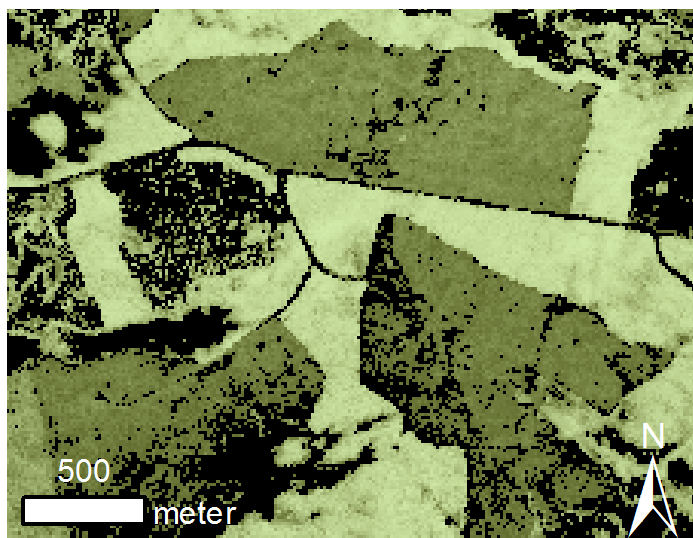
5.1 Utveckling av interaktiv karta

För att möjliggöra interaktiva skattningar av skogsbestånds kapitalförräntning krävs utveckling av en interaktiv karta där informationsinhämtning om förräntning sker mot den rasterfil som denna studie resulterat i. Vid utveckling av den interaktiva kartan bör förräntningsvärdena viktas mot till exempel nettovärde eller volym. På så vis tas hänsyn till att höga värdens förräntning är av större betydelse än låga värdens förräntning. Nedan visas exempel på skogsbestånds kapitalförräntning från ovan nämnd rasterfil (Figur 20-22). Pixlar med låg förräntning illustreras med ljusgrön färg och pixlar med hög förräntning illustreras med mörkgrön färg. Pixlar som är svarta har inget pixelvärde. Exempel på objekt som inte har något pixelvärde är vägar, sjöar, byggnader och ungskog.



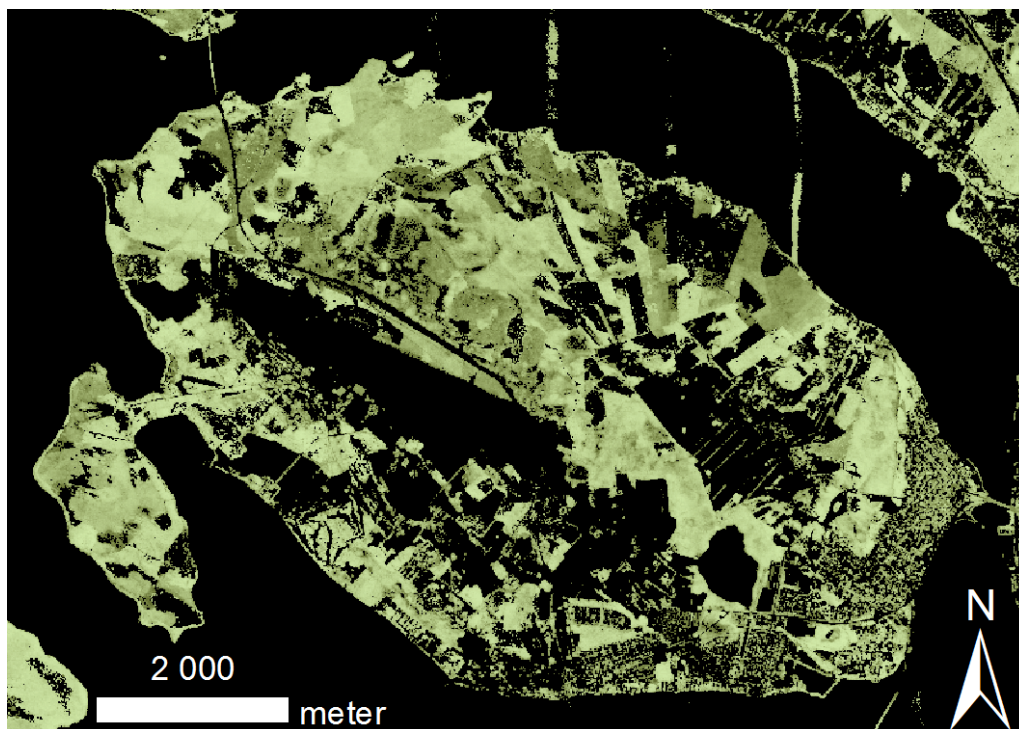
Figur 20. Karta över skogsbestånds kapitalförräntning där nyansen av grönfärg speglar skogens förräntning. Alla pixlar ovan tillhör samma skogsbestånd.

Figure 20. Map of forest stands rate of interest where the shade of green color reflects the rate of interest of the forest stand. All pixels above belong to the same forest stand.



Figur 21. Karta över skogsbestånds kapitalförräntning, där nyansen av grönfärg speglar skogens förräntning. Tre skogsbestånd med hög kapitalförräntning kan urskiljas.

Figure 21. Map of forest stands rate of interest where the shade of green color reflects the rate of interest of the forest stand. Three forest stands with high rate of interest can be distinguished.



Figur 22. Karta över skogsbestånd på Frösön, där nyansen av grönfärg speglar skogens förräntning.

Figure 22. Map of forest stands on Frösön, where the shade of green color reflects the rate of interest of the forest stand.

5.2 Användningsområden

I Sverige finns idag cirka 330 000 enskilda skogsägare (Skogsbarometern, 2017). Hälften av dessa antas ha en uppdaterad skogsbruksplan. Enligt Andersson (2012) vill 74 % av skogsägarna slutavverka det bestånd som har lägst förräntning. Om man antar att de skogsägare som har skogsbruksplan själva använder informationen i den för att med något verktyg beräkna förräntningen kvarstår 122 000 skogsägare ($330\,000 \cdot 0,5 \cdot 0,74$) med intresse att beräkna förräntning men utan möjlighet att göra det. Att förräntningskartorna bör kunna vara till stor nytta för dem råder det inget tvivel om. Andra grupper som kan ha användning av förräntningskartorna är virkesköpare, planerare, banker och rådgivare.

Vid förvärf av skogsfastigheter kan förräntningskartorna användas på fastighetsnivå för att fastställa den aktuella skogsfastighetens förräntning. Då kan förvärfvarens avkastningskrav jämföras mot den avkastning som skogsfastigheten förväntas ge. Ett annat tillfälle då skattningarna kan användas som underlag är vid beslut om slutavverkning. Då kan förräntningskartorna användas för att identifiera bestånd vars förräntning är lägre än brukarens avkastningskrav och därmed bör slutavverkas (Lundqvist *et al.*, 2014). Skogsägare som har flera slutavverkningsmogna bestånd kan använda förräntningskartorna för att rangordna de olika bestånden till slutavverkning. Figur 20 visar att det kan finnas en stor variation i förräntning inom ett bestånd. Vid upprättande av skogsbruksplaner kan förräntningskartorna användas på pixelnivå för att avgränsa bestånd.

5.3 Att tänka på vid användning

Vid användning av dessa funktioner och/eller karta finns ett flertal saker som är viktiga att känna till. Studiens resultat består av sju miljarder pixlar där varje pixel svarar mot ett förräntningsvärde. Den stora mängden information gör det omöjligt att studera varje enskilt förräntningsvärde varför det vid eventuella tveksamheter ställs krav på användaren att ta ställning till om resultatet är rimligt. För att kontrollera om resultatet är rimligt kan andra förräntningsverktyg användas, till exempel Visarprocent och Östmans funktioner. Kompletterande datainsamling är förmodligen motiverad i dessa fall.

För varje enskild användare är det nödvändigt att ta hänsyn till vilka skattemässiga konsekvenser som följer av respektive handlingsalternativ. Vilka skattemässiga effekter ett visst handlingsalternativ har beror bland annat på företagsform, övriga inkomster och utgifter samt möjlighet att fördela eventuellt överskott på flera år. Iakttagande av skattemässiga effekter kan många gånger leda till att prioritetsordningen för de olika handlingsalternativen förändras (Almendal *et al.*, 2017).

Varje handlingsalternativ innebär en unik uppsättning av risker. Användare måste analysera dessa risker för att identifiera det handlingsalternativ som bäst överensstämmer med användarens riskpreferens. Olika markägare har olika riskpreferenser, vilket är anledningen till att varje enskilt fall måste analyseras (Andersson, 2010).

Litteraturförteckning

Böcker och artiklar

Almendal, T., Lindencrona, G., Lodin, S., Melz, P., Silfverberg, C. (2017). *Inkomstskatt D.1: en läro- och handbok i skatterätt*. Stockholm. Studentlitteratur AB. Upplaga 16.

Andersson, E. (2012). *Skogsskötselstrategier för medlemmar i skogsägareföreningen Norrskog* (Examensarbete 360). Umeå. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshushållning.

Andersson, M. (2010). *Non-Industrial Private Forest Owners' Management Decisions* (Doctoral thesis No. 57). Umeå. Swedish University of Agricultural Science.

Bauman, S., Conover, M., Mille, R. (1998). *Growth versus Value and Large-Cap versus Small-Cap Stocks in International Markets*. Financial Analysts Journal, Vol. 54, No. 2 (Mar. - Apr., 1998), pp. 75-89. CFA Institute.

Bickel, P., Doksum, K. (2001). *Mathematical Statistics –Basic Ideas and Selected Topics*. Vol. 1. Second edition. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458.

Blennow, K., Eriksson, H. (2006). *Riskhantering i skogsbruket*. Jönköping. (Rapport 14). Skogsstyrelsens förlag.

Brandel, G. (1990). *Volymfunktioner för enskilda träd: tall, gran och björk*. Garpenberg. (Rapport 26). Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsproduktion.

Chatterjee, S., Hadi, A.S. (2006). *Regression Analysis by Example*. Fourth edition. New Jersey: John Wiley & Sons.

Dahmström, K. (2000). *Från datainsamling till rapport –att göra en statistisk undersökning*. Lund: Studentlitteratur. Upplaga 3.

Fraser-Sampson, G. (2011). *Alternative Assets Investments for a Post-Crisis World*. Hoboken: John Wiley & Sons.

Fridman, J., Holm, S., Nilsson, M., Nilsson, P., Hedström Ringvall, A., Ståhl, G. (2014). *Adapting National Forest Inventories to Changing Requirements – the Case of the Swedish National Forest Inventory at the Turn of the 20th Century*. Silva Fenn. Vol 48. No. 3.

Föreningen Skogen. (2009). *Praktisk skogsbok*. Lettland. Livonia Print genom Italgraf Media.

Hedman, P. (1994). *Kreditanalys*. Malmö: Liber-hermods AB.

Hoover, W. L., Mills, W. L. (1982). *Investment in Forest Land: Aspects of Risk and Diversification*. Wisconsin. University of Wisconsin Press. Land Economics. Vol. 58. No 1. Pp.33.51.

Håkansson, M., Larsson, M. (1998). *Skogsbrukets ekonomi*. Södertälje. LTs förlag.

Jouida, S. (2018). *Diversification, Capital Structure and Profitability: A panel VAR Approach*. Amsterdam, Netherlands. Elsevier science bv. Vol. 45. P.243-256.

Lindgren, J. (1978). *Skogsbeskattning, värdetillväxt och slutavverkning*. Stockholm. (Rapport 26, 1978). Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsekonomi.

LRF Skogsägarna. (2000). *Lönsamt familjeskogsbruk –skogsgårdens ekonomi och framtidsfrågor*. Smedjebacken, Fälth & Hässler.

Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G., Fries, C. (2014). *Skogsskötselserien – slutavverkning*. Skogsskötselserien nr. 20. Skogsstyrelsen.

Magnusson, T. (2015). *Skogsskötselserien – Skogsbruk – mark och vatten*. Skogsskötselserien nr. 13. Skogsstyrelsen.

Myra, S., Witmer, J. (2003). *Statistics for the Life Sciences*. Third edition. Pearson Education Inc, New Jersey.

Ringborg, N. (2013). *Likviditetsanalys av belånade fastigheter*. Uppsala. (Rapport 112, 2013). Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens produkter.

Simon, A., H. (1972). *Theories of Bounded Rationality*. C.B. McGuire and Roy Radner (eds). Decision and organization. North Holland Publishing Company.

Streiffert, T. (1965). *Handbok i skogsekonomi*. Uppsala. Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB.

Sveriges officiella statistik (SOS). (2018). *Kostnader och intäkter i det storskaliga skogsbruket 2017*. Cost and Revenues for Measures in Large-scale Forestry in 2017. Skogsstyrelsen och Skogforsk.

Wessmark, N., Wikman, H. (2017). *Skattning av slutavverkade samt slutavverkningstillåtna skogars kapitalförräntning –med avseende på ägargrupp, trädslag, landsdel och huggningsklass*. Umeå. (Rapport 18, 2017). Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens biomaterial och teknologi.

Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C., Klintebäck, F. (2011). *The Heureka Forestry Decision Support System: an Overview*. MCFNS, Mathematical and Computational Forestry & Natural Resources Sciences. Vol. 3, No. 2, ss. 87-94.

Wilhelmsson, E. (2011). *Enskilda skogsägars målformuleringar*. (Rapport 305). Umeå. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshushållning.

Östman, P. (2016). *Funktioner för skattning av skogsbestånds kapitalförräntning*. Umeå. (Rapport 454, 2016) Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshushållning.

Webbsidor och tidningsartiklar

Elfving, B. (2014). *Modellering av naturlig avgång i Heureka*. Umeå. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens ekologi och skötsel. Tillgänglig: <https://docplayer.se/33053009-Modellering-av-naturlig-avgang-i-heureka.html> [2019-01-25].

Lantmäteriet. (2018). *Produktbeskrivning: laserdata skog*. Dokumentversion 1.0. Tillgänglig: https://www.lantmateriet.se/contentassets/d85c20e0e23846538330674fbfe8c8ac/laserdata_skog.pdf [2019-01-25].

LRF-konsult, Swedbank och Sparbankerna. (2017). *Skogsbarometern -Skogsägarnas uppfattningar och förväntningar på konjunkturen*. Tillgänglig: https://www.swedbank.se/idc/groups/public/@i/@sc/@all/@se/documents/article/cid_2463283.pdf [2019-01-25].

SLU. (2018). *Skogsdata 2018*. Umeå. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshushållning. Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2018_webb.pdf [2019-01-25].

Skogsstyrelsen. (2019). *Noggrannhetsutvärderingar Skogliga grunddata*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/sjalvservice/karttjanster/skogliga-grunddata/noggrannhetsutvarderingar-skogliga-grunddata.pdf> [2019-01-25].

Skogsstyrelsen. (2019). *Skogliga grunddata – Produktkatalog för öppna geodata*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/sjalvservice/karttjanster/skogliga-grunddata/produktkatalog-skogliga-grunddata-oppna-geodata-180222.pdf> [2019-01-25].

Bilaga 1. Statistisk information för regressionsmodell anpassad till Skogliga grunddata

Stegvis regressionsanalys för förräntningsfunktionen som är anpassad till Skogliga grunddata (Figur 1:1). Signifikansnivån är bestämd till 5 %.

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,27955		0,27470		0,4708	
LN (1+DGV)	-0,07349	0,000	-0,06618	0,000	-0,07357	0,000
GY			-0,000638	0,000	-0,000716	0,000
Latitud					-0,002792	0,000
Altitud						
LN (1+Marklutning)						
LN (1+HGV)						
S	0,0230410		0,0219583		0,0206449	
R-sq	36,69%		42,54%		49,25%	
R-sq(adj)	36,64%		42,45%		49,13%	
R-sq(pred)	36,48%		42,26%		48,90%	
Mallows' Cp	375,03		223,06		48,67	
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,4509		0,4476		0,5187	
LN (1+DGV)	-0,07345	0,000	-0,07383	0,000	-0,06572	0,000
GY	-0,000730	0,000	-0,000739	0,000	-0,000672	0,000
Latitud	-0,002407	0,000	-0,002421	0,000	-0,002561	0,000
Altitud	-0,000016	0,000	-0,000020	0,000	-0,000022	0,000
LN (1+Marklutning)			0,003154	0,000	0,003539	0,000
LN (1+HGV)					-0,01725	0,000
S	0,0205500		0,0204292		0,0203021	
R-sq	49,76%		50,38%		51,04%	
R-sq(adj)	49,60%		50,19%		50,81%	
R-sq(pred)	49,33%		49,89%		50,45%	
Mallows' Cp	37,40		22,90		7,71	

Figur 1:1. Stegvis regressionsanalys för förräntningsfunktionen som är anpassad till Skogliga grunddata. För varje steg adderas den variabel som bäst förklarar förräntningen till dess att ingen ytterligare variabel uppvisar statistisk signifikans på femprocentnivå.

Figure 1:1. Step-by-step regression analysis for the rate of interest function that is adapted to Skogliga grunddata. In each step, the variable that best explains the rate of interest is added until no further variable show statistical significance at five percent level.

Variabeln grundytbevåg medelålder förklarar mest av variationerna i förräntningen, följt av variabeln grundytbevåg medelhöjd (Figur 1:2).

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	6	3,71719	0,61953	305,93	0,000
LN (1+HGV)	1	0,01008	0,01008	4,98	0,026
GY	1	0,63276	0,63276	312,47	0,000
LN (1+DGV)	1	1,24102	1,24102	612,83	0,000
LN (1+Marklutning)	1	0,03220	0,03220	15,90	0,000
Latitud	1	0,22385	0,22385	110,54	0,000
Altitud	1	0,07022	0,07022	34,68	0,000
Error	1287	2,60626	0,00203		
Total	1293	6,32345			

Figur 1:2. F- och P-värden för den begränsade förräntningsfunktionen.

Figure 1:2. F- and P-values for the limited rate of interest function.

Bilaga 2. Statistisk information för utökad regressionsmodell

Stegvis regressionsanalys för den utökade förräntningsfunktionen (Figur 2:1).

Signifikansnivån är bestämd till 5 %.

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,08584		0,14175		0,14463	
Grundtevägd medelålder	-0,000499	0,000	-0,000477	0,000	-0,000471	0,000
HGV			-0,002898	0,000	-0,002333	0,000
GY					-0,000498	0,000
DGV						
SI						
Träslag						
Marklutning						
Altitud						
S		0,0197821		0,0159499		0,0151047
R-sq		53,33%		69,69%		72,83%
R-sq(adj)		53,30%		69,64%		72,77%
R-sq(pred)		53,17%		69,52%		72,64%
Mallows' Cp		1292,93		389,84		217,56
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,14579		0,13555		0,13613	
Grundtevägd medelålder	-0,000435	0,000	-0,000399	0,000	-0,000396	0,000
HGV	-0,001435	0,000	-0,001732	0,000	-0,001931	0,000
GY	-0,000512	0,000	-0,000530	0,000	-0,000567	0,000
DGV	-0,000868	0,000	-0,000936	0,000	-0,000872	0,000
SI			0,000695	0,000	0,000701	0,000
Träslag					0,005373	0,000
Marklutning						
Altitud						
S		0,0146088		0,0143909		0,0141715
R-sq		74,61%		75,38%		76,14%
R-sq(adj)		74,53%		75,28%		76,03%
R-sq(pred)		74,38%		75,11%		75,84%
Mallows' Cp		121,37		80,70		40,43
	-----Step 7-----		-----Step 8-----			
	Coef	P	Coef	P		
Constant	0,13510		0,12891			
Grundtevägd medelålder	-0,000399	0,000	-0,000405	0,000		
HGV	-0,001978	0,000	-0,001961	0,000		
GY	-0,000569	0,000	-0,000559	0,000		
DGV	-0,000858	0,000	-0,000849	0,000		
SI	0,000710	0,000	0,000881	0,000		
Träslag	0,005165	0,000	0,004712	0,000		
Marklutning	0,000203	0,000	0,000172	0,000		
Altitud			0,000012	0,000		
S		0,0140618		0,0139993		
R-sq		76,53%		76,75%		
R-sq(adj)		76,40%		76,61%		
R-sq(pred)		76,19%		76,38%		
Mallows' Cp		21,07		10,54		

Figur 2:1. Stegvis regressionsanalys för den utökade förräntningsfunktionen. För varje steg adderas den variabel som bäst förklarar förräntningen till dess att ingen ytterligare variabel uppvisar statistisk signifikans på femprocentnivå.

Figure 2:1. Step-by-step regression analysis for the extended rate of interest function. In each step, the variable that best explains the rate of interest is added until no further variable show statistical significance at five percent level.

Variabeln grundtyevägd medelålder förklarar mest av variationerna i förräntningen, följt av variabeln grundtyevägd medelhöjd (Figur 2:2).

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	5,50371	0,68796	1231,39	0,000
Grundtyevägd medelålder	1	1,59672	1,59672	2857,99	0,000
HGV	1	0,11121	0,11121	199,06	0,000
GY	1	0,43493	0,43493	778,49	0,000
DGV	1	0,16759	0,16759	299,97	0,000
SI	1	0,02273	0,02273	40,69	0,000
Marklutning	1	0,00631	0,00631	11,29	0,001
Altitud	1	0,00654	0,00654	11,71	0,001
Trädslag	1	0,04831	0,04831	86,46	0,000
Error	1285	0,71791	0,00056		
Total	1293	6,22162			

Figur 2:2. F- och P-värden för den utökade förräntningsfunktionen.

Figure 2:2. F- and P-values for the extended rate of interest function.

Förklaringsgraden för den utökade förräntningsfunktionen var betydligt högre än för den mindre förräntningsfunktionen (Figur 2:3).

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0236366	88,46%	88,39%	88,26%

Figur 2:3. Förklaringsgrad för den utökade förräntningsfunktionen.

Figure 2:3. The adjusted explanation rate for the increased rate of interest function.

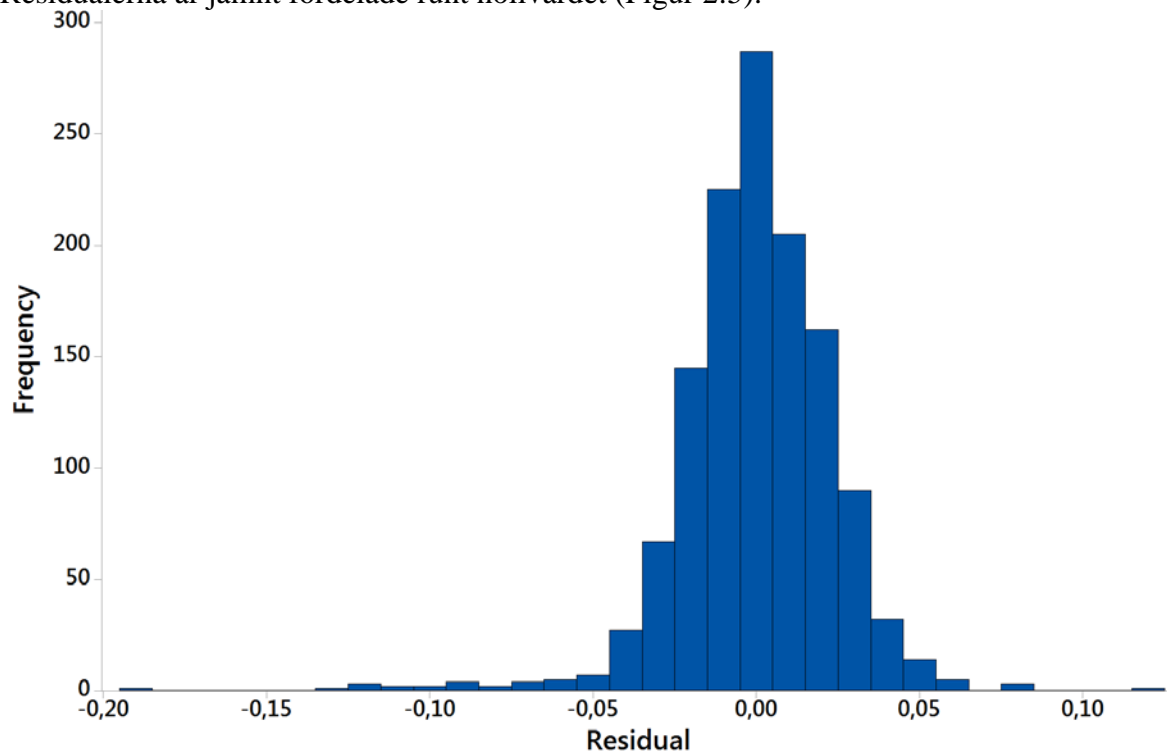
Den utökade förräntningsfunktionen lider inte av multikollinearitetsproblem (Figur 2:4).

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,81522	0,00532	153,26	0,000	
Grundtyevägd medelålder	-0,001037	0,000019	-53,46	0,000	1,56
HGV	-0,003572	0,000253	-14,11	0,000	2,44
GY	-0,001810	0,000065	-27,90	0,000	1,25
DGV	-0,002600	0,000150	-17,32	0,000	2,14
SI	0,001260	0,000198	6,38	0,000	1,98
Marklutning	0,000254	0,000076	3,36	0,001	1,06
Altitud	0,000020	0,000006	3,42	0,001	1,57
Trädslag					
Spruce	0,01316	0,00141	9,30	0,000	1,15

Figur 2:4. Koefficienter och VIF-värden för den utökade förräntningsfunktionen.

Figure 2:4. Coefficients and VIF-values for the extended rate of interest function.

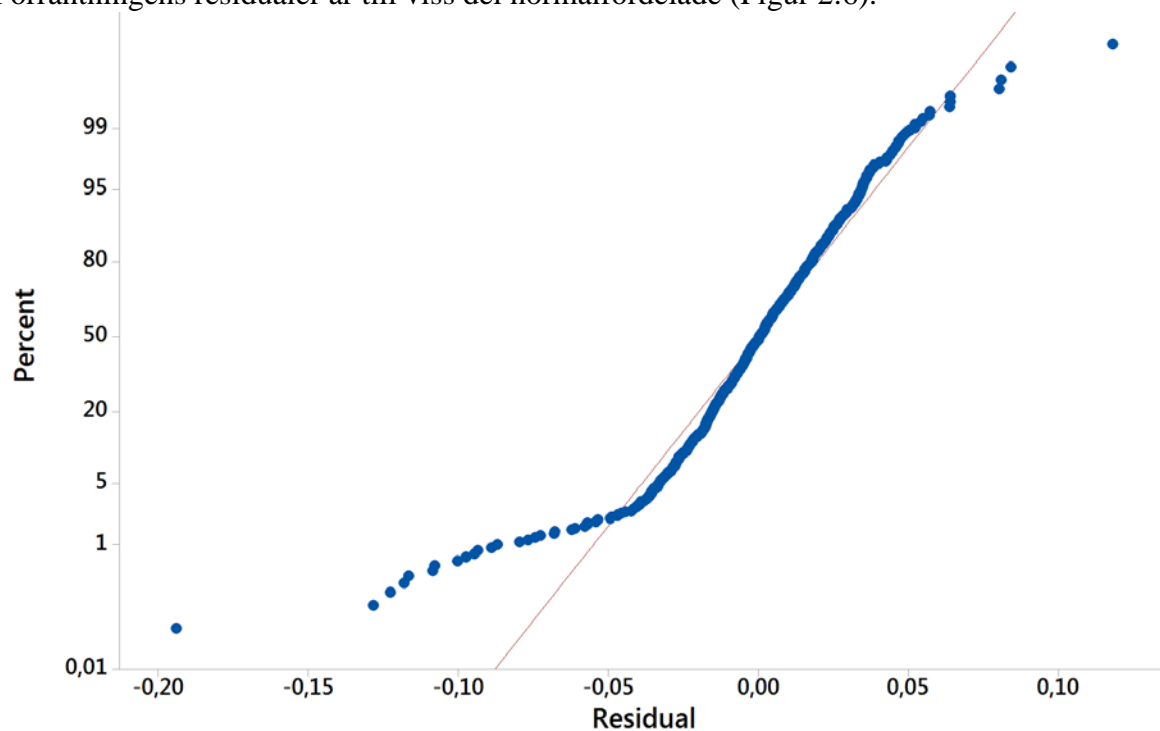
Residualerna är jämnt fördelade runt nollvärdet (Figur 2:5).



Figur 2:5. Förräntningens residualer för den utökade funktionen.

Figure 2:5. The residuals of the rate of interest for the extended function.

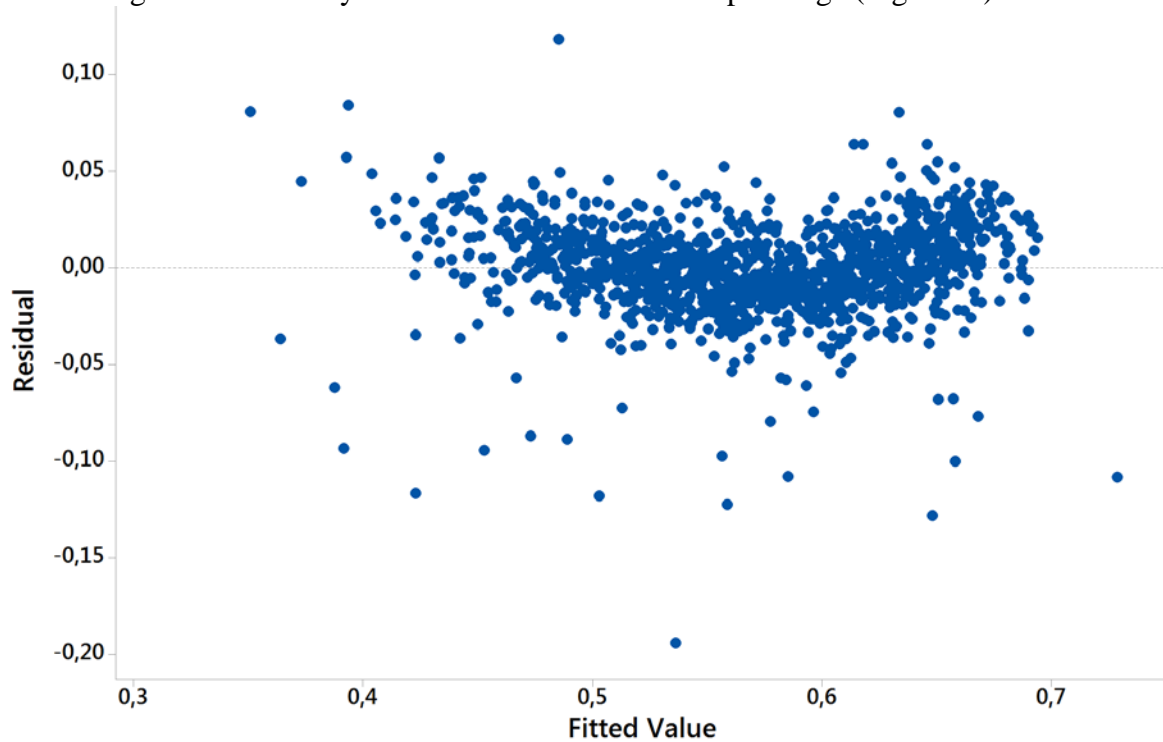
Förräntningens residualer är till viss del normalfördelade (Figur 2:6).



Figur 2:6. Normalfördelning av förräntningens residualer för den utökade funktionen.

Figure 2:6. Normal distribution of the residuals of the rate of interest for the extended function.

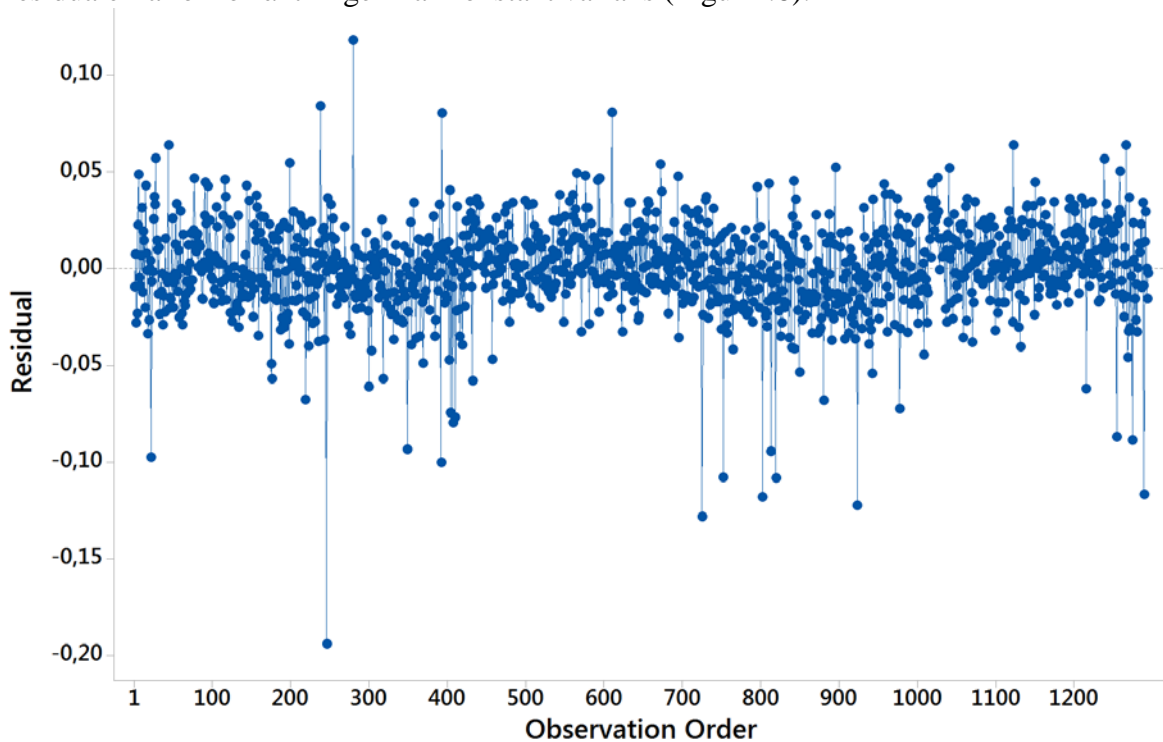
Förräntningens residualer tycks vara oberoende och slumpmässiga (Figur 2:7).



Figur 2:7. Förräntningens residualer över beräknade värden för den utökade funktionen.

Figure 2:7. Residuals over fitted value of the rate of interest for the extended function.

Residualerna för förräntningen har konstant varians (Figur 2:8).



Figur 2:8. Förräntningens residualer över observationernas ordning för den utökade funktionen.

Figure 2:8. Rate of interests residuals over observation order for the extended function. The observations are sorted according to increasing sample surface identity.

Korrigerig av logaritmiskt bias för utökad funktion av talldominerade bestånd (2:1).

$$\frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i} = \frac{2942,2}{2844,0} = 1,03452883 = q_1 \quad (2:1)$$

Där:

Y_i = sann förräntning (enligt beräkningar i PlanVis)

\hat{Y}_i = skattad förräntning (enligt regressionsfunktion innan korrigerig för logaritmiskt bias)

q_1 = Faktor för korrigerig av logaritmiskt

Korrigerig av logaritmiskt bias för utökad funktion av grandominerade bestånd (2:2).

$$\frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n \hat{Y}_i} = \frac{2438,1}{2383,2} = 1,02303625 = q_2 \quad (2:2)$$

Där:

Y_i = sann förräntning (enligt beräkningar i PlanVis)

\hat{Y}_i = skattad förräntning (enligt regressionsfunktion innan korrigerig för logaritmiskt bias)

q_2 = Faktor för korrigerig av logaritmiskt

Bilaga 3. Geografisk indelning för beräkning av kostnader och intäkter

Skillnader i prislistor mellan norr och söder respektive mellan kust och inland utgjorde grund för en geografisk indelning av landet (Tabell 3:1).

Tabell 3:1. Tabellen visar den geografiska indelning som låg till grund för intäkts- och kostnadsberäkningarna

Table 3:1. The table shows the geographical division on which revenue and cost calculations were based

Norra inland	Norra kust	Mellan inland	Mellan kust	Södra väst	Södra öst
Sorsele	Övertorneå	Dalarna	Västmanland	V. Götaland	Östergötland
Storuman	Överkalix	Värmland	Uppsala	Jönköping	Kalmar
Vilhelmina	Haparanda	Örebro	Södermanland	Halland	Blekinge
Dorotea	Kalix		Stockholm	Kronoberg	Skåne
Malå	Boden		Gotland		
Lycksele	Luleå		Gävleborg		
Åsele	Piteå				
Kiruna	Älvsbyn				
Gällivare	Skellefteå				
Jokkmokk	Robertsfors				
Arjeplog	Umeå				
Arvidsjaur	Nordmaling				
Pajala	Vännäs				
Jämtland	Bjurholm				
	Vindeln				
	Norsjö				
	Västernorr.				